

---

# **ANNUAL REPORT**

of the

**Inter-American Tropical Tuna Commission**

---

**1982**

---

# **INFORME ANUAL**

de la

**Comision Interamericana Del Atun Tropical**

---

**La Jolla, California  
1983**

## CONTENTS – INDICE

### ENGLISH VERSION – VERSION EN INGLES

	Page
INTRODUCTION .....	7
COMMISSION MEETINGS .....	8
ADMINISTRATION .....	10
Budget .....	10
Inter-agency cooperation .....	15
Field offices .....	16
PUBLICATIONS AND REPORTS .....	16
THE FISHERY IN 1982.....	18
Résumé.....	18
Statistics of catch and landings .....	19
The tuna fleets of the eastern Pacific Ocean.....	22
RESEARCH IN 1982.....	23
Abundance of tunas and success of fishing .....	23
Population structure and migrations .....	28
Other aspects of tuna biology .....	42
Tuna-dolphin investigation .....	57
Oceanography and tuna ecology.....	71
STATUS OF THE TUNA STOCKS IN 1982 AND OUTLOOK FOR 1983 .....	78
Yellowfin .....	78
Skipjack.....	92
Northern bluefin .....	98

## VERSION EN ESPANOL–SPANISH VERSION

	Página
INTRODUCCION .....	101
REUNIONES DE LA COMISION .....	102
ADMINISTRACION.....	104
Presupuesto .....	104
Colaboración entre entidades afines .....	109
Oficinas regionales .....	110
PUBLICACIONES E INFORMES .....	110
LA PESCA EN 1982 .....	112
Resumen.....	112
Estadísticas de captura y desembarque .....	113
La flota atunera del Océano Pacífico oriental.....	116
INVESTIGACION EN 1982.....	118
Abundancia de atunes y resultados de pesca.....	118
Estructura de la población y migración .....	123
Otros aspectos de la biología atunera .....	138
Investigación atún-delfín .....	155
Oceanografía y ecología del atún .....	172
CONDICION DE LAS POBLACIONES DE ATUN EN 1982 Y PERSPECTIVAS PARA 1983 .....	179
Atún aleta amarilla .....	180
Barrilete.....	195
Atún aleta azul .....	201
<hr/>	
<b>APPENDIX I–APENDICE I</b>	
STAFF–PERSONAL.....	203
<b>APPENDIX II–APENDICE II</b>	
FIGURES AND TABLES – FIGURAS Y TABLAS .....	207





**COMMISSIONERS OF THE INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA  
COMMISSION AND THEIR PERIODS OF SERVICE FROM ITS  
INCEPTION IN 1950 UNTIL DECEMBER 31, 1982**

**LOS DELEGADOS DE LA COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN  
TROPICAL Y SUS PERIODOS DE SERVICIO DESDE LA INICIACION  
EN 1950 HASTA EL 31 DE DICIEMBRE DE 1982**

**COSTA RICA**

Virgilio Aguiluz .....	1950-1965
José L. Cardona-Cooper .....	1950-1979
Victor Nigro .....	1950-1969
Fernando Flores B .....	1958-1977
Milton H. López G .....	1965-1977
Eduardo Beeche T .....	1969-1971
Francisco Terán Valls .....	1971-1977
Manuel Freer .....	1977-1979
Gabriela Myers .....	1977-1979
Rudolfo Sáenz O .....	1977-1979

**UNITED STATES OF AMERICA**

Lee F. Payne .....	1950-1961 *
Milton C. James .....	1950-1951
Gordon W. Sloan .....	1951-1957
John L. Kask .....	1952
John L. Farley .....	1953-1956
Arnie J. Suomela .....	1957-1959
Robert L. Jones .....	1958-1965 *
Eugene D. Bennett .....	1950-1968 <sup>7</sup>
J.L. McHugh .....	1960-1970
John G. Driscoll, Jr. ....	1962-1975 **
William H. Holmstrom .....	1966-1973
Donald P. Loker .....	1969-1976
William M. Terry .....	1970-1973 *
Steven E. Schanes .....	1973-1974
Robert C. Macdonald .....	1973-
Wilvan G. Van Campen .....	1974-1976
Jack Gorby .....	1975-
Glen H. Copeland .....	1976-1977
Wymberley Coerr .....	1977-

**MEXICO**

Rodolfo Ramirez G .....	1964-1966
Mauro Cárdenas F .....	1964-1968
Héctor Chapa Saldaña .....	1964-1968
Maria Emilia Téllez B .....	1964-1971
Juan Luis Cifuentes L .....	1967-1970
Alejandro Cervantes D .....	1960-1978
Amín Zarur M .....	1968-1970
Arturo Díaz R .....	1970-1978
Joaquín Mercado F .....	1970-1977
Pedro Mercado S .....	1970-1975
Fernando Castro y Castro .....	1975-1977

- \* Deceased in service April 10, 1961
- \* Murió en servicio activo el 10 de abril de 1961
- \* Deceased in service April 26, 1965
- \* Murió en servicio activo el 26 de abril de 1965
- <sup>7</sup> Deceased in service December 18, 1968
- <sup>7</sup> Murió en servicio activo el 18 de diciembre de 1968
- \* Deceased in service May 5, 1973
- \* Murió en servicio activo el 5 de mayo de 1973
- \*\* Deceased in service October 16, 1975
- \*\* Murió en servicio activo el 16 de octubre de 1975

**PANAMA**

Miguel A. Corro .....	1953-1957
Domingo A. Díaz .....	1953-1957
Walter Myers, Jr. ....	1953-1957
Juan L. de Obarrio .....	1958-1980
Richard Eisenmann .....	1958-1960
Gabriel Galindo .....	1958-1960
Harmodio Arias, Jr. ....	1961-1962
Roberto Novey .....	1961-1962
Carlos A. López Guevara .....	1962-1974
Dora de Lanzner .....	1963-1972
Camilo Quintero .....	1963-1972
Arquimedes Franqueza .....	1972-1974
Federico Humbert, Jr. ....	1972-1974
Carolina T. de Mouritzen .....	1974-
Jaime Valdéz .....	1974-
Carlos Arellano L .....	1980-
Luis E. Rodriguez .....	1980-

**CANADA**

Emerson Gennis .....	1968-1969
A.W.H. Needler .....	1968-1972
E.B. Young .....	1968-1980
Leo E. Labrosse .....	1970-1972
Robert L. Payne .....	1970-1974
G. Ernest Waring .....	1970-1976
S.N. Tibbo .....	1970-1977
James S. Beckett .....	1977-
M. Hunter .....	1981-

**JAPAN**

Tomonari Matsushita .....	1971-1973
Shoichi Masuda .....	1971-
Fumihiko Suzuki .....	1971-1972
Seiya Nishida .....	1972-1974
Kunio Yonezawa .....	1973-1979
Harunori Kaya .....	1974-1976
Michio Mizoguchi .....	1976-1977
Michihiko Junihiro .....	1979-1980
Tatsuo Saito .....	1979-
Toshio Isogai .....	1980-

**FRANCE**

Serge Garache .....	1973-1980
Robert Letaconnoux .....	1973-
René Thibaudau .....	1976-1977
Maurice Fourneyron .....	1980-

**NICARAGUA**

Gilberto Bergman Padilla .....	1973-1980
Antonio Flores Arana .....	1973-1976
José B. Godoy .....	1976-1980
Octavio Gutierrez D .....	1977-1980
Jamil Urroz E .....	1977-



## **ANNUAL REPORT OF THE INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION, 1982**

### **INTRODUCTION**

The Inter-American Tropical Tuna Commission operates under the authority and direction of a convention originally entered into by the Republic of Costa Rica and the United States of America. The convention, which came into force in 1950, is open to adherence by other governments whose nationals fish for tropical tunas in the eastern Pacific Ocean. Under this provision Panama adhered in 1953, Ecuador in 1961, the United Mexican States in 1964, Canada in 1968, Japan in 1970, and France and Nicaragua in 1973. Ecuador withdrew from the Commission in 1968, Mexico in 1978, and Costa Rica in 1979.

The principal duties of the Commission under the convention are (a) to study the biology of the tunas and related species of the eastern Pacific Ocean with a view to determining the effects that fishing and natural factors have on their abundance and (b) to recommend appropriate conservation measures so that the stocks of fish can be maintained at levels which will afford maximum sustainable catches if and when Commission research shows such measures to be necessary.

In 1976 the Commission's duties were broadened to include problems arising from the tuna-dolphin relationship in the eastern Pacific Ocean. As its objectives it was agreed that, "the Commission should strive [1] to maintain a high level of tuna production and also [2] to maintain porpoise stocks at or above levels that assure their survival in perpetuity, [3] with every reasonable effort being made to avoid needless or careless killing of porpoise." The specific areas of involvement are (1) monitoring population sizes and mortality incidental to fishing through the collection of data aboard tuna purse seiners, (2) aerial surveys and dolphin tagging, (3) analyses of indices of abundance of dolphins and computer simulation studies, and (4) gear and behavioral research and education.

To carry out these missions, the Commission is required to conduct a wide variety of investigations, both at sea and in the laboratory. The research is carried out by a permanent, internationally-recruited research and support staff selected and employed by the Director of Investigations, who is directly responsible to the Commission.

The scientific program is now in its 32nd year. The results of its research are published by the Commission in its Bulletin series in English and Spanish, its two official languages. Reviews of each year's operations and activities are reported upon in its annual report, also in the two languages. Other studies are published in the Commission's Special Reports and in outside scientific journals and trade journals. By the end of 1982 the Commission's staff had published 118 bulletins,

4 special reports, 220 articles in outside journals, and 31 annual reports. All scientific and annual reports have been given world-wide distribution, and thus have been made available for the critical scrutiny of a wide selection of the world's scientific community.

### COMMISSION MEETINGS

The Commission's 40th meeting was held in La Jolla, California (U.S.A.), on October 19 to 21, 1982. All member governments were represented at the meeting, and there were observers from Colombia, Costa Rica, Mexico, Spain, and Taiwan (Republic of China). In addition, the Food and Agriculture Organization of the United Nations, the International Whaling Commission, and the South Pacific Commission were represented at the meeting.

The following agenda was approved by the Commission at the outset of the meeting and followed closely throughout the session:

1. Opening of the meeting
2. Consideration and adoption of the agenda
3. Review of current research
4. Tuna-dolphin program
5. The 1982 fishing year
6. Condition of the yellowfin stock and recommendations for 1983
7. Recommended research program and budget for FY 1984-1985
8. Review of negotiation towards a new or modified tuna convention
9. Place and date of next meeting
10. Election of officers
11. Other business
12. Adjournment

The following actions were taken by the Commission:

(1) The Commission's staff recommended a yellowfin catch quota of 170,000 short tons for the 1983 fishing year and the flexibility to adjust this quota upward during 1983 to allow for the possibility that the staff has underestimated the abundance of the stock. The rationale for this recommendation is given in Background Paper No.2 of the meeting, which is available from the Commission on request. The Commission adopted the following resolution with regard to a yellowfin conservation program in 1983:

*"Recognizing that there continues to be a need for a yellowfin conservation program in 1983 in order that the yellowfin resources may be maintained at a level that will insure continued high productivity in the future,*

*The Inter-American Tropical Tuna Commission therefore recommends to the high contracting parties that when a yellowfin conservation program is adopted for 1983, there should be established an annual quota on the total catch of yellowfin tuna for the 1983 calendar year of 170,000 short tons from the CYRA as defined in the resolution adopted by the Commission on May 17, 1962, and*

*Further recommends that the Director of Investigations should be authorized to increase this limit by no more than two successive increments of 15,000 short tons each, if he concludes from examination of available data that such increases will offer no substantial danger to the stock, and*

*Finally recommends that all member states and other interested states work diligently to achieve the implementation of such a yellowfin conservation program for 1983."*

(2) The Commission agreed to adopt formally the financial regulations which the Commission has used for many years. The following resolution was approved:

*"Whereas the business affairs of the Commission have been conducted for the past 23 years in accord with financial regulations drawn up by the Commission, and*

*Whereas formal approval of these financial regulations cannot be found in the minutes of the Commission meetings,*

*Therefore the Commission hereby formally approves said regulations in their present form with the exception that the financial year as defined in Section II shall be defined hereafter as the period from October 1 to the following September 30, both dates inclusive."*

(3) The Commission agreed to a proposed budget of \$2,718,180 for fiscal year 1984-1985.

(4) The Commission agreed to hold its next regular meeting in Ottawa, Canada, October 19-21, 1983.

(5) The Commission re-elected Mr. Michael Hunter of Canada as Chairman of the Commission for 1983, and elected Mr. Jamil Urroz of Nicaragua as Secretary.

**ADMINISTRATION****BUDGET**

At its 37th meeting, held in Panama, in October 1979, the Commission unanimously approved the budget for fiscal year (FY) 1981-1982, submitted by the Director of Investigations, in the amount of \$2,460,615, an increase of \$202,255 over the budget for FY 1980-1981. Subsequently the U.S. decided to reduce its contribution in FY 1981-1982 by \$500,000 from the amount it gave in FY 1980-1981. The net effect of this severe reduction was to fix the total budget for FY 1981-1982 at \$1,799,643, a decrease of \$660,972 (-26.9%) from the budget approved at the Commission's 37th meeting, and a decrease of \$458,717 (-20.3%) from the amount actually received in FY 1980-1981. Unfortunately the reduction in the U.S. contribution for FY 1981-1982 was not decided until mid-March 1982, so that the Commission had to bear the brunt of the reduction in a period of only 6 months. This was accomplished by terminating six staff members, postponing recruitment to fill two key vacancies, terminating all field work at sea, and significantly reducing other research programs.

**FINANCIAL STATEMENT**

The Commission's financial accounts for fiscal year 1981-1982 were audited by Peat, Marwick, Mitchell and Co. Summary tables of its report follow:

**INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION**  
**Balance Sheet**  
**September 30, 1982**

*Assets*

Current assets:

Cash	\$ 139,794
Certificates of deposit	100,000
Accounts receivable	30,408
Advances and deposits	27,655

Total current assets	297,857
----------------------	---------

Real property, at cost	325,775
------------------------	---------

	\$ 623,632
--	------------

*Liabilities and Fund Balances*

Current liabilities:

Accounts payable	75,880
Accrued expenses	225,675

Total current liabilities	301,555
---------------------------	---------

Fund balance:

General fund (deficiency)	(3,698 )
Real property fund	325,775

Total fund balance	322,077
--------------------	---------

	\$ 623,632
--	------------

**INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION**  
**Statement of Changes in Financial Position**  
**for the year ended September 30, 1982**

Uses of working capital:

Funds used in operations:

Excess of expenses over revenue	\$ 285,380
Real property acquisitions	10,775
	<hr/>
Decrease in working capital	<u>\$ 296,155</u>

Changes in components of working capital:

Increase (decrease) in current assets:

Cash	4,946
Certificates of deposit	(260,000 )
Accounts receivable—contracts	(92,785 )
Advances and deposits	(13,136 )
	<hr/>
	(360,975 )

Increase (decrease) in current liabilities:

Accounts payable	(137,029 )
Accrued expenses	72,209
	<hr/>
	(64,820)

Decrease in working capital	<u>\$ 296,155</u>
-----------------------------	-------------------



**INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION**  
**Statement of Revenue and Expenses**  
**for the year ended September 30, 1982**

**Revenue:**

## Government contributions for joint expenses:

United States of America	\$ 1,714,500
Canada	65,574
Japan	11,722
France	7,902
Nicaragua	1,000

Total Contributions	1,800,698
---------------------	-----------

Contract revenue	124,471
Interest income	30,698
Other revenue	72,486

Total revenue	2,028,353
---------------	-----------

**Expenses:**

Salaries	1,405,493
Employee benefits	231,540
Contract expense	166,829
Travel expense	141,763
Observer costs	83,179
Printing and postage	77,401
Legal and professional	60,171
Materials and supplies	56,518
Rent and utilities	32,855
Insurance and taxes	15,882
Loss on foreign currency exchange	14,146
Telephone and telegraph	9,897
Tag rewards	3,774
Miscellaneous	14,285

Total expenses	2,313,733
----------------	-----------

Excess of expenses over revenue	\$ 285,380
---------------------------------	------------

## TUNA COMMISSION

**INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION**  
**Statement of Changes in Fund Balances**  
**for the year ended September 30, 1982**

	<u>Unrestricted fund balance</u>	<u>Real Property fund</u>	<u>Total</u>
Balance at September 30, 1981, as previously reported	384,052	315,000	699,082
Change in method of accounting for vacation pay	(91,595 )	-	(91,595 )
	<u>          </u>	<u>          </u>	<u>          </u>
Balance at September 30, 1981, as restated	292,457	315,000	607,457
Excess of expenses over revenue	(285,380 )	-	(285,380 )
Transfer for acquisition of real property	(10,775 )	10,775	-
	<u>          </u>	<u>          </u>	<u>          </u>
Balance at September 30, 1982	<u><u>\$ (3,698 )</u></u>	<u><u>325,775</u></u>	<u><u>322,077</u></u>

## INTER-AGENCY COOPERATION

During 1982 the scientific staff continued to maintain close contact with university, governmental, and private research organizations and institutions on both the national and international level. This contact enables the staff to keep abreast of the rapid advances and developments taking place in fisheries research and oceanography throughout the world. Some aspects of these relationships are described below.

The Commission's headquarters are located on the campus of Scripps Institution of Oceanography in La Jolla, California, one of the major world centers for the study of marine science and the headquarters for many state and federal agencies involved in fisheries, oceanography, and ancillary sciences. This situation provides the staff an excellent opportunity to maintain daily contact with scientists of these organizations.

The very cordial and productive relationship which this Commission has enjoyed with the International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, the Comisión Permanente del Pacífico Sur, the South Pacific Commission, the Food and Agriculture Organization of the United Nations, and other international bodies, continued during the year.

Also in 1982 the Commission maintained close working relationships with fishery agencies of its member countries, as well as similar institutions in other parts of Asia, Europe, Latin America, and various Pacific islands. Several specific examples are given below.

During 1982 the Commission continued its bluefin tuna tagging project in southern Japan in cooperation with the Japanese Far Seas Fishery Research Laboratory (Shimizu). This project, begun in 1980, has resulted in the tagging of 4,379 small bluefin, and the tag recovery data have provided some highly important insights concerning the migration and growth of this species.

Also in 1982 the Ministerio de Agricultura y Ganadería (Ministry of Agriculture and Livestock) of Costa Rica continued to cooperate with the IATTC in the task of collecting biological samples in Puntarenas for Commission personnel.

Through the kind cooperation of the Dirección de Recursos Marinos (Department of Marine Resources) of Panama and the governor of the province of Los Santos of that country, the Commission has purchased 10 hectares of land at Bahía Achiotines, just northwest of Cape Mala in western Panama, for the establishment of a field laboratory to investigate the early life history of tunas. The Panamanian Government has constructed a road between the property and the main highway and preliminary grading of the site has been finished.

### FIELD OFFICES

In addition to its headquarters in La Jolla, California, the Commission maintains field offices in several important tuna industry centers.

An office with a permanent staff of two is maintained in Terminal Island, California. The staff members there are concerned primarily with the collection and compilation of catch and effort statistics and landing records and the measurement of tunas. They also recover tuna tags and collect such other biological, statistical, and general fishing information as is necessary.

The Commission has a similar office in Mayaguez, Puerto Rico, with two full-time employees who, in turn, employ seasonal assistance. These employees also regularly visit Ponce, the other principal tuna port in Puerto Rico.

One Commission technician is stationed in Ensenada, Baja California, Mexico's principal tuna port. He also visits other tuna ports in Mexico. He devotes most of his time to the measurement of tunas, but also collects other scientific data on the fishery.

Two staff members are stationed in Panama, where they collect logbook records of vessels which transfer their catches to freezer vessels in that country and of vessels which pass through the Panama Canal to unload in Atlantic ports or to fish in the Atlantic Ocean after having fished in the eastern Pacific Ocean. They also devote some of their time to the measurement of tunas in Panama, and travel to Puntarenas, Costa Rica, three or four times a year to collect tuna statistics there.

The Commission has two staff members in Manta, Ecuador. Ecuador's sizeable tuna industry is centered there, and Salinas, Posorja, and Guayaquil, the other three principal ports, are fairly accessible to Manta. The Commission personnel in Ecuador concentrate their effort chiefly on the collection of catch statistical data, but also devote time to measuring tunas and the collection of other biological data. These staff members also collect tuna statistics in Colombia and Venezuela from time to time.

In Peru the Commission employs one full-time staff member who is stationed in Coishco. He collects catch statistical data and other biological and fishing information at Coishco, Salaverry, and Paita, the three principal tuna ports.

### PUBLICATIONS AND REPORTS

The prompt and complete publication of research is one of the most important elements of the Commission's program of scientific investigations. By this means the member governments, the scientific community, and the public at

large are currently informed of the research findings by the Commission's scientific staff. The publication of basic data, methods of analysis, and the conclusions therefrom afford the opportunity for critical review by other researchers, insuring the soundness of the conclusions reached by the Commission's staff, as well as enlisting the interest of other scientists in the Commission's research.

The Commission publishes the research of its staff, and of cooperating scientists, in its Bulletin series. During 1982, one additional publication was issued in this series in English and Spanish:

Calkins, T. P. 1982. Observations on the purse-seine fishery for northern bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) in the eastern Pacific Ocean, Vol. 18, No. 2: 121-226.

One additional Commission Special Report was published in 1982.

Hammond, P.S. (editor). 1981. Report on the workshop on tuna-dolphin interactions, Managua, Nicaragua. IATTC Spec. Rep. No.4: 259 pp.

This report contains the following papers written by Commission staff members as background documents for the workshop:

Hammond, P. S. Natural mortality of dolphins. 12 pp.

Laake, J. L. Abundance estimation of dolphins in the eastern Pacific with line transect sampling—a comparison of the techniques and suggestions for future research. 41 pp.

Scott, M. D. Dolphin stocks in the eastern tropical Pacific. 16 pp.

Also, one additional Commission Internal Report was completed in 1982:

Schaefer, K. M. 1982. Length-weight relationship of the black skipjack, *Euthynnus lineatus*. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Internal Report, 17: 15pp.

In addition to the above publications and reports, eight papers by staff members were published in other journals:

Irvine, A. Blair, Michael D. Scott, Randall S. Wells, and John H. Kaufmann. 1981. Movements and activities of the Atlantic bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*, near Sarasota, Florida. Fish. Bull. 79 (4): 671-688.

Allen, R. L. and M. D. Goldsmith. 1982. Dolphin mortality in the eastern tropical Pacific incidental to purse seining for yellowfin tuna, 1980. Rep. Int. Whal. Commn. 32: 419-421.

Carey, Francis G. and Robert J. Olson. 1982. Sonic tracking experiments with tunas. ICCAT Collective Volume of Scientific Papers. XVII (2): 458-466.

Hughes, G., P. S. Hammond and W. G. Des Vignes. 1982. Population cycles of the small moth-borers of sugar cane, *Diatraea* spp., and their primary and secondary parasitoids, in Trinidad, West Indies. *Agro-Ecosystems* 8: 13-25.

Irvine, A. B., R. S. Wells, and M. D. Scott. 1982. An evaluation of techniques for tagging small odontocete cetaceans. *Fish. Bull.* 80 (1): 135-143.

Olson, Robert J. 1982. Feeding and energetics studies of yellowfin tuna, food for ecological thought. ICCAT Collective Volume of Scientific Papers. XVII (2): 444-457.

Scott, Michael D. and James A. Powell. 1982. Commensal feeding of little blue herons with manatees. *Wilson Bulletin* 94 (2): 215-216.

Stevenson, Merritt R. 1981. Seasonal variations in the Gulf of Guayaquil, a tropical estuary [in English and Spanish]. *Bol. Cient., Inst. Pesca, Ecuador* (4) 1: 134 pp.

## THE FISHERY IN 1982

### RESUME

During 1982 vessels of 15 nations (Bermuda, Canada, the Cayman Islands, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Japan, Mexico, Panama, Peru, the Soviet Union, Spain, the U.S.A., and Venezuela) fished for tunas in the eastern Pacific Ocean. These vessels captured primarily yellowfin and skipjack, along with smaller quantities of other tunas. The three primary types of gear used to make the yellowfin and skipjack catches, in order of importance, were purse seine, pole and line, and longline.

Because of heavy exploitation the yellowfin fishery was under international management from 1966 through 1979, but it has not been demonstrated that there is a need to implement conservation measures for the other species of tunas taken in the eastern Pacific fishery. The area in which the yellowfin conservation program applies, referred to as the Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA), is shown in Figure 1.

At its 37th meeting, held in October 1979, the Commission was unable to arrive at an agreement concerning a yellowfin conservation program for 1980; however, it did subsequently agree to a quota of 165,000 short tons, with provisions to increase it at the discretion of the Director of Investigations, but this was

not implemented. At its 38th and 39th meetings, held in October 1980 and October 1981, the Commission's staff recommended quotas of 160,000 short tons, with provisions to increase them at the discretion of the Director of Investigations, for 1981 and 1982. These quotas were approved at the meetings, but not implemented. At its 40th meeting, held in October 1982, the Commission's staff recommended a quota of 170,000 tons for 1983, again with provisions to increase it at the discretion of the Director of Investigations. Again the quota was approved (see above resolution), but not implemented.

During 1965 through 1982 the aggregate capacity of the international fleet fishing for tunas in the eastern Pacific Ocean increased from 48,712 to 170,559 tons. During 1982 this fleet captured 118,535 tons of yellowfin and 105,948 tons of skipjack in the CYRA. In addition to the catch from the CYRA, purse-seine vessels fishing west of the CYRA and east of 150°W caught 19,794 tons of yellowfin and 3,179 tons of skipjack. Also seven vessels which had participated in the CYRA fishery in 1982 also fished in the Atlantic Ocean and/or Caribbean Sea and caught 6,488 tons of yellowfin and 3,570 tons of skipjack there. Finally, nine vessels which fished in the eastern Pacific in 1982 also fished in the western Pacific in that year; these vessels caught 5,755 tons of yellowfin and 10,593 tons of skipjack in the western Pacific.

The catch of yellowfin from the CYRA in 1982 was the lowest on record since 1971. This low catch was partly the result of heavy fishing during 1977-1981, which reduced the stock size, but more importantly the result of much reduced fishing effort in 1982. The reduced catch in 1982 has increased the stock size, which should result in increased catches per unit of effort, and also in increased catches unless the effort is further reduced, in 1983. This matter is discussed in greater detail under the section of this report entitled "Status of Tuna Stocks in 1982 and Outlook for 1983."

## STATISTICS OF CATCH AND LANDINGS

Catches of yellowfin, skipjack, and bigeye from the CYRA, by the eastern Pacific tuna fleet, 1961-1982, are shown in part A of Table 1. The catch figures for yellowfin and skipjack are essentially complete except for insignificant amounts taken by some individual sport and artisanal fisheries. Surface catches of the same three species from the area west of the CYRA and east of 150°W are also shown in this part of Table 1. Longline catches of yellowfin in the CYRA are included with those of this species taken by other fishing gear in this area, but this practice is not followed in the case of other species in the CYRA. Longline catches from areas other than the CYRA are excluded from catch statistics of all species.

The eastern Pacific tuna fleet is defined here as those vessels which have fished in the CYRA all or part of the year for yellowfin, skipjack, or bluefin. Some of these vessels, such as the larger seiners and baitboats, fish almost ex-

clusively for these species whereas others, particularly the smaller vessels, may spend most of the year fishing for other species of tunas. For example, most of the jig (troll) vessels on the U.S. west coast normally fish for albacore, but may enter the tropical tuna fishery when albacore fishing is poor. Also some vessels which are outfitted primarily for fishing species other than tunas occasionally change their fishing gear temporarily to participate in the fishery for yellowfin, skipjack, or bluefin. For example some small seiners which normally carry nets designed to fish for anchovies, sardines, or mackerel sometimes rig their vessels temporarily to fish for tunas. When these smaller vessels are fishing for albacore, bonito, black skipjack, or species other than tunas, the Commission includes their catches in its statistical system only if some part of their catch for the year consists of yellowfin, skipjack, or bluefin from the CYRA.

The catches of other tunas (bluefin, bonito, albacore, and black skipjack) taken by the eastern Pacific tuna fleet in the eastern Pacific are shown in part B of Table 1. The bluefin and albacore totals do not include catches of these species made by longliners; also it should be kept in mind that substantial amounts of bonito, albacore, and black skipjack are taken by sportsmen and/or by vessels which are not considered part of the eastern Pacific tuna fleet. For example, in 1982 the total catch of albacore taken by the U.S. surface fleet in the eastern Pacific was about 8,000 tons, of which the eastern Pacific tuna fleet (defined above) landed only 548 tons.

The catches of yellowfin, skipjack, and bigeye taken by the eastern Pacific tuna fleet in the western Pacific and Atlantic Ocean are shown in Table 1, part B. These figures, of course, represent only a small fraction of the total amount of these species taken in these two areas because other fleets fish there also.

The preliminary estimate of the yellowfin catch from the CYRA in 1982 of 118,535 tons is 56,886 tons below the 1981 CYRA catch and 62,093 tons below the average annual catch of the previous five years. Included in the CYRA catch are 11,595 tons of yellowfin that were taken from the experimental fishing areas outlined in Figure 1.

The preliminary estimate of the skipjack catch from the CYRA is 105,948 tons, 16,988 tons below that recorded during 1981 but 27,554 tons below the average catch during the previous five years. The CYRA skipjack catch includes 8,065 tons captured in the experimental areas.

The preliminary estimate of the combined yellowfin and skipjack catch from the CYRA in 1982 of 224,483 tons is 73,874 tons below the catch in 1981 and 89,646 tons below the average of the previous five years.

The preliminary estimates of the yellowfin and skipjack catches from the area between the CYRA boundary and 150°W in 1982 are 19,794 tons and 3,179 tons respectively, a combined total of 22,973 tons, which is 11,379 tons below the



1981 catch and 5,183 tons below the average annual catch for the previous five years.

The combined catch of all the species from all ocean fishing areas shown in Table 1 (288,474) during 1982 was 88,460 tons below that of 1981 and 102,704 tons below the average for the previous five years.

The annual catches of yellowfin, skipjack, and several other tunas from the CYRA and from the area immediately west of the CYRA by the eastern Pacific fleet are shown in Table 2, by the flag of vessels that captured the fish. The distribution of the catch among flags changed considerably during 1982 compared to 1981. Using the 1981 total catch of all species from the CYRA as a base of comparison (and excluding changes of less than 500 tons), the following increases in catch are noted: Panama (+26%) and Ecuador (+6%). The following nations caught less: Peru (-96%), Costa Rica (-90%), Spain (-73%), Mexico (-46%), Venezuela (-39%) and the U.S.A. (-20%). Vessels of the Netherlands Antilles and Portugal made catches during 1981 but none in 1982.

The geographical distribution of the 1982 logged yellowfin catches made by purse seiners in the eastern Pacific Ocean is shown in Figure 2. Compared with 1981, the yellowfin catch was lower in most of the fishing areas. The number of 1° areas which produced 500 or more tons of logged yellowfin in 1982 is about one-third less than in 1981. The catch of yellowfin in 1982 was particularly low north of about 15°N latitude. During 1979-1981 the annual logged catch of yellowfin from this area averaged about 50 thousand tons, whereas in 1982 the catch was only about 22 thousand tons. Also, the yellowfin catch in the southern fishing areas, particularly south and southeast of the Galapagos Islands, was lower in 1982 than in 1981.

The geographical distribution of the logged skipjack catch in 1982 is shown in Figure 3. Like yellowfin, the skipjack catch was lower in most areas compared with the 1981 catch distribution. One area, near the equator at about 80°W longitude, had a substantial increase in the skipjack catch. The skipjack catch from the Gulf of Guayaquil area in 1982 was low compared to previous years.

The logged catches (purse-seine and baitboat combined) of yellowfin and skipjack taken during unregulated and regulated trips in the CYRA are shown in Table 3 by six latitudinal zones for 1978-1982. Catches made in the experimental fishing areas during these years are excluded from the CYRA catches. The most important area of yellowfin catch in the CYRA during 1982 was from 5°N-15°N latitude, where about 56 percent of the annual logged catch was recorded. Also 45 percent of the combined catch of yellowfin and skipjack was reported from this area. The most important area for skipjack was from the equator to 10°N latitude, where 54% of the annual catch was recorded.

### THE TUNA FLEETS OF THE EASTERN PACIFIC OCEAN

The Commission maintains records of gear, flag, and tuna carrying capacity for most of the vessels that catch yellowfin, skipjack, or bluefin in the eastern Pacific Ocean. Records are not maintained for individual longline vessels, nor for small craft such as canoes or launches.

Vessels are grouped by size class based on the carrying capacity of tunas as follows: Class 1, less than 51 tons; class 2, 51-100 tons; class 3, 101-200 tons; class 4, 201-300 tons; class 5, 301-400 tons, and class 6, 401 or more tons. The landing records of each vessel are reviewed annually and carrying capacities are revised when necessary. Owners' and builders' estimates of capacity are used for new vessels. For small day-trip baitboats and some jigboats, the capacity stated by the owners or captains is used or, if registered net tonnage is known, the carrying capacity is estimated from the relationship of these two values for vessels of the same type. If no information is available, a capacity of 25 tons is assigned to the vessel. Vessels which sink or leave the fishery after having fished in the eastern Pacific during the year are included in the fleet for that year. Vessels which change flag are listed under the new flag if a fishing trip is started under the new flag during the year.

The number of vessels and carrying capacity of the 1982 eastern Pacific tuna surface fleet are shown in Table 4 by flag, gear, and size class. During 1982 vessels of 14 nations or dependencies participated in the eastern Pacific surface fishery (the 12 in Table 4, plus Colombia and Peru). Colombia and Peru are omitted from the table because their catches were made by small vessels for which the Commission does not keep records. In terms of capacity, the 1982 fleet was composed of 98.3% seiners, 1.6% baitboats, and less than 0.1% bolicheras and jigboats. In terms of numbers of vessels, seiners made up 84.0%, baitboats 13.7%, and jigboats plus bolicheras 2.3%.

The Netherlands Antilles, Peru, and Portugal had vessels engaged in the fishery in 1981 but not in 1982. The fleets of Mexico and the U.S.S.R. increased in capacity in 1982 as compared to 1981, the capacity of the fleet of Canada (one vessel) remained the same in 1982, and the fleets of all other nations declined in capacity in 1982. Some of the more noteworthy fleet changes that occurred in 1982 were as follows. Mexico added five new class-6 seiners and acquired four others through flag changes. Mexico lost three class-6 seiners through flag changes, three left for other fishing areas, and one became inactive. These changes, and some involving smaller vessels, resulted in a net gain of about 700 tons. The U.S.A. added four new class-6 seiners, two others re-entered the fishery, and six were added through flag changes. The U.S.A. lost three class-6 seiners through flag changes, eight left for other fishing areas, and five became inactive. This and changes involving smaller vessels, resulted in a net loss of about 2,600 tons. The fleet of Panama declined by about 4,100 tons due to the loss of three class-6 seiners; one changed flag, one went to another fishery, and one became inactive.

The number of vessels and the carrying capacity of the international surface fleet which fished in the eastern Pacific Ocean each year between 1965 and 1982 and the change in capacity from the previous year are shown below:

Year	No. of vessels	Capacity	Change in capacity
1965	282	48,712	
1966	250	46,305	- 2,407
1967	244	46,488	+ 183
1968	265	58,125	+ 11,637
1969	264	63,656	+ 5,531
1970	285	73,822	+ 10,166
1971	358	95,569	+ 21,747
1972	379	120,942	+ 25,373
1973	358	139,568	+ 18,626
1974	336	152,581	+ 13,013
1975	335	169,420	+ 16,839
1976	397	184,864	+ 15,444
1977	365	183,298	- 1,566
1978	367	186,791	+ 3,493
1979	321	186,887	+ 96
1980	321	189,426	+ 2,539
1981	290	186,886	- 2,540
1982	262	170,559	- 16,327

Due to the construction of new, large purse seiners, the fleet capacity increased substantially each year between 1968 and 1976, gaining about 138,000 tons. Between 1976 and 1981 the capacity of the fleet remained fairly stable with a net gain of about 2,000 tons. Although the construction of new vessels continued, it was balanced by vessels leaving the fishery and by sinkings. In 1982 the fleet capacity declined by 16,327 tons largely due to vessels leaving the eastern Pacific for other fisheries or becoming inactive.

During 1982, the number of Japanese longliners operating in the CYRA ranged from 19 to 61 per month. In addition to these vessels, there are a few longliners operating out of Ensenada, Mexico, and out of Ecuadorian ports.

## RESEARCH IN 1982

### ABUNDANCE OF TUNA AND SUCCESS OF FISHING

#### *Annual trends in the catch per standard day's fishing*

The catch per standard day's fishing (CPSDF) is used by the Commission's staff as an index of relative apparent abundance of yellowfin and skipjack, as well as an index of relative fishing success. The CPSDF is calculated from logbook records which are collected from most of the vessels fishing for tunas in

the eastern Pacific Ocean. The CPSDF is influenced by temporal and spatial changes in availability of the fish, as well as variability in the distribution of fishing effort. Some of these changes can be estimated and adjusted for; others are assumed to average out over the long term. Since the early 1960's the major share of the yellowfin and skipjack catch has been taken by purse seiners; therefore the CPSDF of these vessels is the principal index used to examine trends in relative apparent abundance.

Annual estimates of the CPSDF (short tons) for yellowfin and skipjack, for 1960–1982, in the CYRA are shown in Figure 4. The values for 1982 are preliminary.

#### *Yellowfin CPSDF*

Until 1966 there was no restriction on yellowfin catch in the CYRA and all logbook records which met certain criteria for species composition and accuracy were used to calculate the CPSDF. From 1966 to 1980, when regulations restricting yellowfin catch were in effect, only data from unregulated trips were used to calculate the CPSDF. Beginning in 1962, the yellowfin CPSDF has been adjusted for changes in the portion of the sets which are successful to correct for changes in gear efficiency.

The annual CPSDF was at its highest point, approximately 8 tons per day, in 1960. This was at the time when purse seining first became the dominant method of fishing. The CPSDF declined sharply in 1961 and 1962, falling to about 3 tons per day in the latter year and remaining near that level in 1963. The CPSDF increased moderately in 1964, but the index declined in 1965 nearly to the level of 1962–1963. In 1966 the CPSDF began to increase and the increase became more pronounced in 1967 and 1968 as the fishery expanded further offshore. The CPSDF reached about 6 tons per day in 1968 and remained at about that level in 1969 and 1970. There was a sharp decline in 1971, but the CPSDF returned to the 1968–1970 level in 1972. In 1973 the CPSDF began to decline and the decline continued steadily, except for 1976 when there was a slight increase in the index over the previous year, until 1980 by which time the CPSDF had fallen to about 2 tons per day. There was a slight increase in the index in 1981, but the preliminary value for 1982 is slightly below that of 1980.

#### *Skipjack CPSDF*

The annual estimates of skipjack CPSDF for the CYRA during 1960–1982 are shown in the lower panel of Figure 4. In this period the CPSDF has ranged from a low of just under 1 ton per day in 1960 to a high of about 6.5 tons per day in 1967. Other low points occurred in 1972 and 1973, when the CPSDF was just above 1 ton per day. Other high points were 1963 and 1971, when the index reached approximately 4 tons per day, and 1978, when it was about 3.5 tons per day. In the 1979–1982 period the index has been quite stable, averaging about 2.5 tons per day.

### *Catch per ton of carrying capacity*

The catch per ton of carrying capacity (CPTCC) serves as an index to examine trends in relative gross return for different sizes of vessels from year to year. The CPTCC for a group of vessels is the quotient of the total catch, for all fishing areas, divided by the total tons of carrying capacity for the group of vessels. This is done for each species caught and for all species combined. The CPTCC is calculated from the catch data of all purse seiners of the international eastern Pacific tuna fleet of 101 or more tons of carrying capacity which have fished unregulated in the CYRA each year. The vessels have been grouped into the following size classes: Class 3, 101-200 tons; Class 4, 201-300 tons; Class 5, 301-400 tons; Class 6, 401-600 tons; Class 7, 601-800 tons; Class 8, 801-1000 tons; Class 9, 1001-1200 tons; Class 10, 1,201 tons and above.

The CPTCC for 1972-1982 is shown in Table 5 by vessel size class and for all size classes combined for yellowfin, skipjack, other species, and all species combined. "Other species" includes bigeye, bluefin, bonito, albacore, black skipjack, and small amounts of three or four other species. The other species catch makes up a fairly important part of the total catch of size classes 3, 4, and 5 in some years, but it does not contribute much to the catch of the larger vessels. The values for 1982 are preliminary.

There has been a downward trend in the yellowfin CPTCC for all size classes over the 1972-1982 period. For the size classes which make up most of the fleet, classes 6-10, the decline has been more pronounced for classes 6, 7, and 8 than for classes 9 and 10. For all size classes combined the yellowfin CPTCC for 1982, 0.89, is the lowest in the 11-year series. The skipjack CPTCC went up for most size classes between 1972 and 1974. Since 1974 the index has not displayed a consistent upward or downward trend, at least for the larger vessels. The value for all size classes combined has been close to 0.80 for 1979-1982.

### *Standardization of catch rates*

The catch rate index that is currently used by the Commission, the CPSDF, uses days fishing as the measure of effort, and standardizes the effort of vessels with different capacities using a ratio procedure. In this study fishing effort has been defined as the elapsed time between successful sets, and the catch rates have been standardized for a range of vessel characteristics, environmental conditions, and fishing modes, using a generalized linear model.

The vessel characteristics used were vessel capacity (0-499 tons, 500-999 tons, and 1000 tons and over), vessel speed, vessel age, whether or not aerial assistance was available, and net length and depth. The environmental variables were sea-surface temperature and wind speed. Catch rates were calculated using continuous data for each fishing trip within each 5° area and each month. These catch rates were treated as individual observations and classified by area (inside or outside the CYRA), quarters of the year, vessel capacity, and fishing mode.

Fishing mode was determined by the proportion of sets of different type with each 5° area-month. It was defined as "dolphin" if two-thirds or more of the catch of yellowfin and/or skipjack was taken from sets associated with dolphins or "school fish and log" if two-thirds or more of the catch was from school fish or log sets. Because some categories in the final classification had few or no observations, for example 5° area-months where neither fishing mode type predominated, only three combinations of area and fishing mode were used in the linear model. These were school fish and log strata inside the CYRA, dolphin strata inside the CYRA, and dolphin strata outside the CYRA.

The effects of these parameters on the logarithm of catch rates of yellowfin were investigated, using data from 1970 to 1982. The data for 1982 are not yet complete, and consequently the estimates are provisional. After the variables which did not have important effects were eliminated, the analysis of variance shown in Table 6 was obtained.

After adjusting for the effect of each of the significant factors, the apparent abundance for each of the three principal combinations of area and fishing mode was calculated. These are shown in Figure 5.

All three panels in Figure 5 show a decline in catch rate since 1970, the most marked being for school fish and log strata inside the CYRA, which in 1982 was only 22 percent of its value in 1970. The pattern of the decline has been different for each stratum type; dolphin strata inside the CYRA have shown a fairly consistent decline since 1970, whereas outside the CYRA the catch rate in dolphin strata did not decline until after 1973. Exploitation of the outside area did not start until the late 1960's, and it was not until 1972 that the catch reached 40,000 tons. The large drop in catch rate in school fish and log strata in 1971 and the subsequent recovery in 1972 was too large a fluctuation to be caused only by changes in abundance. It is most likely that this shows a change in vulnerability that was not associated with the standardizing factors used in the model.

#### ***Natural mortality and the availability of tuna***

The mortality rate ( $Z$ ) is considered to be made up of two components:  $Z = M + qf$ ; where  $M$  is the natural mortality rate;  $f$  the fishing rate; and  $q$  the catchability coefficient, the instantaneous probability that a fish is caught by one unit of fishing effort.

Hennemuth (IATTC Bulletin, Vol. 6, No.1), assuming that the catchability coefficient was a constant, was able to derive an estimate of mortality. Since then the Commission has turned its attention to age-structure models because the greater detail available through them is necessary to successful management. The catch per unit of effort of a single cohort of fish fluctuates considerably through that cohort's life span so the catchability coefficient cannot be viewed as a constant. The catch equations form a set of simultaneous equations; unfor-

Unfortunately there are always two more unknowns than equations, so they cannot be solved without additional information. The natural mortality rate and an estimate of the catchability coefficient of the last age group caught is sufficient to give a series of estimates of catchability coefficients and age-group populations. The figure used for natural mortality is the one derived by Hennemuth which results in a contradiction—constant catchability coefficients imply one mortality rate which is then used to derive catchability coefficients far from constancy. It is often suggested that an independent estimate of mortality might be obtained from tagging returns, but Bayliff (IATTC Bulletin, Vol. 15, No.4) concluded that the varying catchabilities made it impossible to derive good estimates of mortality.

Two computer programs have been written to investigate the problem. The first simulates the natural population and the impact of fishing upon that population, generating catches which are supplied to the second program. The second program estimates the parameters used in the first. Comparing the two suggests that too high a figure for natural mortality gives estimates for the catchability coefficients which are too low, and hence high population estimates. Similarly, a low estimate for natural mortality leads to low population estimates. It has been stated before by other investigators that a low (high) estimate of natural mortality leads to higher (lower) fluctuations in subsequent estimates of catchability coefficients. Cohort analysis enables one to determine a vector of age-specific populations but each element in the vector represents a different time. A series of analyses enables one to construct an age vector of the population at a specific time. Each analysis is done independently. Algorithms which link the analyses are being tried to see if assumptions about the form of the catchability coefficients might improve the technique and possibly replace the assumption about the natural mortality.

### ***Stock and recruitment***

Recruitment, which consists of young fish reaching a size which makes them liable to capture when previously they were unavailable to the gear, is what sustains any fishery.

For many different stocks of fish there are data which can be organized into pairs of values: the estimate of recruitment into the fishery together with an estimate of the total number of adults present in the stock when those recruits were spawned. Curves have been fitted through these values to obtain a functional relationship between the two. There is usually considerable residual variance after this curve has been fitted. A plausible explanation for this is that the fish are subject to changes within a complex ecosystem with a varying environmental input. This approach assumes each pair of values to be independent of any other pair, but this may not be true if the development time is greater than the interval between spawning, if environmental inputs are correlated, or if the ecosystem acts as a buffer to environmental change.

A member of the staff has been working with Dr. Brian Rothschild of the University of Maryland on an approach which calculates the probability of recruitment being within certain ranges during a given year, based upon the abundance of the stock which spawned them, and the previous year's stock and recruitment data.

## POPULATION STRUCTURE AND MIGRATIONS

### *Tuna tagging*

In March, April, and May of 1981 a tagging cruise was conducted off northern South America, Central America, and Clipperton Island aboard the chartered baitboat *Mary K*. The purposes of this cruise are explained in the IATTC annual report for 1981. The results to date from this cruise are as follows:

Area	Released				Returned		
	Date	Species	Treatment	No.	1981	1982	?
Gulf of Panama	March	YFT	-	1	1	0	0
Ecuador	March-April	YFT	-	451	193	5	3
		SKJ	-	424	144	0	0
		BKJ	-	1	0	0	0
Colombia	April	YFT	-	160	47	3	1
		SKJ	-	240	35	0	0
		BKJ	-	14	2	0	0
Costa Rica-Panama	April	YFT	-	694	350	7	2
		SKJ	-	1,298	211	6	0
		BKJ	-	632	69	1	0
Gulf of Panama	April	YFT	-	639	83	15	0
		YFT	tetra.	47	5	3	0
		SKJ	-	220	18	0	0
		SKJ	tetra.	1	0	0	0
		BKJ	-	33	0	0	0
Central America to Clip. Is.	May	SKJ	-	12	0	0	0
Clipperton Is.	May	YFT	-	1,548	40	80	5
		YFT	tetra.	429	11	10	0
		SKJ	-	8	0	0	0
		BKJ	-	139	0	0	0
		BKJ	tetra.	27	0	0	0
Totals		YFT	-	3,493	713	110	10
		YFT	tetra.	476	16	13	0
		SKJ	-	2,190	408	6	0
		SKJ	tetra.	1	0	0	0
		BKJ	-	819	71	1	0
		BKJ	tetra.	27	0	0	0



In October–November of 1981 the *Mary K.* was chartered for another tagging cruise, this time off southern Mexico and Clipperton Island and in the Revillagigedo Islands–Hurricane Bank area.\* The purposes of this cruise are also explained in the IATTC report for 1981. The results to date from this cruise are as follows:

Area	Released				Returned		
	Date	Species	Treatment	No.	1981	1982	?
Clipperton Island	Oct.	YFT	-	1,058	0	234	2
		YFT	tetra.	12	0	1	0
		SKJ	-	51	0	2	0
		BKJ	-	405	1	24	1
Southern Mexico	Nov.	YFT	-	69	0	16	1
Clipperton Island	Nov.	YFT	-	25	0	1	0
		YFT	tetra.	181	0	23	0
		BKJ	-	6	0	0	0
Hurricane Bank–Clarion Island	Nov.	YFT	-	125	23	14	1
		YFT	tetra.	123	28	24	0
Totals		YFT	-	1,277	23	265	4
		YFT	tetra.	326	28	48	0
		SKJ	-	51	0	2	0
		BKJ	-	410	1	24	1

Some extremely useful results have been obtained from these cruises. An account of the sonic tracking experiments carried out on Cruise 1095 was presented in the IATTC's annual report for 1981. In addition, some highly useful data on the migrations and growth of yellowfin, skipjack, and black skipjack have been obtained. One tagged skipjack released off Central America in April 1981 was recaptured off Hawaii, and another was recaptured about halfway between Central America and the Gambier Islands. Also, one skipjack released off Clipperton Island was recaptured south of the equator. This information is highly useful in the formulation of hypotheses regarding the population structure of skipjack in the Pacific Ocean discussed later in this subsection. Growth data obtained from these experiments are being combined with growth data obtained from previous experiments for a comprehensive study on the growth of yellowfin and skipjack currently in progress. Some preliminary results of these studies are presented later in this subsection. These two cruises produced a large number of yellowfin which were at liberty approximately 1 year and for which data on the lengths at release and recapture were available. These are among the most important growth data ever collected for any species of tuna.

\*License 240-210 and an amendment, 242-0069, were obtained from the Departamento de Pesca of Mexico for this cruise.

Considerable progress on a comprehensive study of the growth of skipjack from tag return data has been made.

The fish at liberty 1-10 days presumably grow only negligible amounts, so the measurements of the lengths at release of these fish were compared to the measurements of their lengths at recapture to see if the former were biased. Unfortunately, such was found to be the case for the fish of some of the cruises. Ideally, there would be data for sufficient numbers of fish at liberty 1-10 days for each cruise to calculate an equation which could be used to adjust the measurements of the lengths at release for the fish of that cruise, if necessary, but such was not the case.

The tagged skipjack released by the IATTC during the 1955-1967 period were measured only to the nearest 5 cm (or in many cases not measured at all). Most of the usable data (*i. e.* fish measured at both release and recapture and at liberty more than 30 days) for these cruises fell into the following groups: Cruises 1021 (5 fish), 1042 (44 fish), 1043 (96 fish), 1038 (60 fish), 1046 (26 fish), and 9132-9146 (1961 cruises on Ecuador-based vessels; 33 fish). There were sufficient data for fish at liberty 1-10 days to make statistical comparisons of the measurements of the lengths at release and recapture for the fish of the first three groups, and in none of these was there evidence of bias. Accordingly, it was decided to include the data for these groups in the analysis. Due to lack of data it was not possible to make similar comparisons for the other three groups, but it was decided to include these data provisionally, assuming that the measurements of the lengths at release were unbiased.

The tagged skipjack released by the California Department of Fish and Game (CDFG) during the 1952-1959 period and those released by the IATTC after 1967 were measured to the nearest 1 cm. It was decided to use the data for all these cruises. Sufficient data for fish at liberty 1-10 days were available for only four of these cruises, 1075, 1078, 1082, and 1093.\* The measurements of the lengths at release for Cruise 1075 were apparently biased, so they were adjusted accordingly, and it was assumed that the measurements for all the other cruises were unbiased.

The data were divided into categories in accordance with their areas of release (west or east of 100°W), cruises (or groups of cruises in the case of the fish released by the CDFG and the Ecuador-based vessels), lengths at release (325-374 mm, 375-424 mm, ... 675-724 mm), and times at liberty (31-180 days, 181-365 days, and more than 365 days), and the growth rates, in millimeters per day, were calculated. The fish of Cruises 9132-9146 showed negative growth; this is probably due to bias in the measurements of these fish at release, so these data were not considered further. For the rest of the data the growth rates were

---

\*License 242-654 and an extension, 242-754, were obtained from the Departamento de Pesca of Mexico for this cruise

fairly consistent, indicating that the amount of bias in the remaining data is probably minor. The data for the various cruises were combined, with the following results, for the groups containing at least 10 fish:

Area of release	Days free	Length at release	Number of fish	Rate (mm per day)	Average days free	Variance
West of 100°W	31-180	375-424	35	1.22	63.5	0.24
		425-474	163	0.66	69.2	0.20
		475-524	135	0.62	66.7	0.27
		525-574	59	0.25	56.7	0.14
		575-624	13	0.23	70.7	0.20
		625-674	12	0.50	73.8	0.41
	181-365	425-474	12	0.70	223.2	0.07
East of 100°W	31-180	375-424	12	1.16	94.4	0.46
		425-474	42	0.94	75.9	0.11
		475-524	133	0.67	94.2	0.10
		525-574	22	0.62	81.9	0.16
	181-365	475-524	11	0.70	223.3	0.02

There is a pronounced tendency for the growth rate to decrease with increasing length at release, which is what would be expected if the growth curve is convex upward, as is the case for most fish. However, the growth rates for fish at liberty 181-365 days are about the same as those of fish of the same size at liberty 31-180 days, whereas it would be expected that the growth rates for the fish at liberty longer periods of time would be less. It should be noted, however, that there are relatively few data available for fish at liberty 181-365 days.

Similar work was also done on the growth of yellowfin. The tag returns are not yet complete from five of the six areas of release adopted for this study, however, so calculations have been made only for Area 1 (north of 20°N). The results are as follows, for the groups containing at least 10 fish:

Days free	Length at release	Number of fish	Rate (mm per day)	Average days free	Variance
61-180	325-424	10	2.01	82.9	0.58
	425-524	136	0.97	95.6	0.24
	525-624	180	0.64	85.6	0.26
	625-724	64	0.57	90.6	0.35
	725-824	10	0.93	88.5	0.41
181-365	425-524	41	0.75	276.8	0.03
	525-624	41	0.78	239.4	0.13
	625-724	11	0.85	287.5	0.13
>365	425-524	10	0.81	518.2	0.09
	525-624	23	0.73	456.3	0.07

The growth curve of yellowfin is generally thought to be convex upward, but there is no indication from the above data that such is the case. The data for some of the other areas include larger fish, so when these are analyzed they should shed considerably more light on the situation.

At the time the IATTC's scientific studies were begun in the early 1950's virtually nothing was known regarding the population structure of skipjack in the Pacific Ocean. Since then information collected by the IATTC and other organizations has contributed considerably to the understanding of this important aspect of the biology of skipjack. Much of this information was reviewed at a workshop of fisheries biologists and population geneticists sponsored by the South Pacific Commission in 1980. While the report produced by this workshop is extremely useful, it does not treat the eastern Pacific Ocean in much detail. Also, some highly interesting returns of tagged skipjack have recently been received which have shed further light on the population structure of skipjack in the eastern Pacific Ocean, so it is appropriate to discuss the subject here. There is little skipjack spawning in the eastern Pacific Ocean, and large skipjack make up a much smaller portion of the catch of fish in the eastern Pacific than in the central Pacific. Hence it was long suspected that the skipjack of the eastern Pacific Ocean are the result of spawning in the central and/or western Pacific Ocean, coming to the eastern Pacific as juveniles, staying there about a year, and then migrating back to the central and/or western Pacific prior to spawning. This hypothesis received considerable support during the 1960's and 1970's, when 25 fish released in the eastern Pacific near the coast or in the vicinity of offshore islands were recaptured in the central and western Pacific.

During the 1950's and 1960's it appeared that in most years there were two groups of skipjack in the eastern Pacific, the northeastern group, which occurred off Baja California and near the Revillagigedo Islands and Clipperton Island, and the southeastern group, which occurred off Central America and northern South America. Tagging data had shown that there was little intermixing of fish between these two areas. The Clipperton Island fish had been included in the northeastern group because Clipperton Island, though located between 10°N and 11°N, is nearer to the Revillagigedo Islands than to Central America, because tagged skipjack released at Clipperton Island had been recaptured in the northeastern area, but not the southeastern areas, and because prior to 1982, 19 fish from Baja California, 4 fish from the Revillagigedo Islands, and 2 fish from Clipperton Island had been recaptured in the central and western Pacific Ocean, but none from Central America or northern South America had been recaptured anywhere but in the eastern Pacific. In the IATTC's annual report for 1980 it was stated that "the question arises as to whether the fish of the northeastern Pacific, southeastern Pacific, and other areas come from (1) a single group of spawners or (2) separate groups of spawners." Several bits of evidence have accumulated which favor the first hypothesis. First, a tagged skipjack released off Clipperton Island in October 1981 was recaptured at 2°27'S-106°52'W in January 1982 (Figure 6). This might indicate that the distribution of skipjack in the eastern

Pacific can best be described, not as two groups, but as a single group inhabiting an arc-shaped area with its tips at the Baja California-Revillagigedo Islands and Central America-northern South America areas and its center west, southwest, and south of the area of warm water off southern Mexico. This distribution is also suggested by charts of the geographical distributions of catches of skipjack during recent years. Second, the following tag returns are evidence that skipjack from the southeastern group spawn in the same area as those of the northeastern group:

Release		Recapture	
Date	Area	Date	Area
October 1969	4°11'N-119°02'W	July 1971	Hawaii
April 1979	6°26'N-86°55'W	August 1979	9°43'N-133°54'W
April 1981	4°56'N-86°38'W	August 1982	Hawaii

These migrations are also shown in Figure 6. The first fish (released by the U.S. National Marine Fisheries Service, Honolulu, Hawaii) completed what may have been the second half of the trip from the southeastern area to Hawaii, the second one completed the first two thirds of that trip (although there is no assurance that its destination was Hawaii), and the third one completed the entire trip. It is not assumed from this, however, that skipjack of the eastern Pacific spawn only in the northern hemisphere, for catches of skipjack larvae in the south central Pacific indicate that skipjack spawn also in that area. Many large individuals are included in the skipjack catches of both Hawaii and French Polynesia, which might indicate that the French Polynesia catches include fish from the eastern Pacific, as do the Hawaii catches. One fish tagged at 4°56'N-86°38'W in April 1981 was recaptured by a longline vessel at 9°19'S-105°15'W in April 1982 (Figure 6). This fish may have been en route to the spawning grounds south of the equator. It was released at the same "stop" as the third fish in the text table above, and the two fish were probably members of the same school prior to having been tagged.

In summary, it appears that the skipjack of northern Mexico and northern South America-Central America are parts of a single group inhabiting an arc-shaped area with its tips at those two areas, and that the fish at the ends of the distribution mix to at least some extent on the spawning grounds of the central and/or western Pacific.

The locations of recapture of the black skipjack of Cruises 1095 (Central America releases only) and 1096 are shown in Figure 7. All of the recaptures east of 95°W are from the Central America releases and all of these west of 95°W are from the Clipperton Island releases. It is apparent that many black skipjack

travel considerable distances. The fish from Cruise 1095 averaged 41.0 cm at release and 42.5 cm at recapture, were at liberty an average of 41 days, and had an average growth rate of 0.37 mm per day. Those of Cruise 1096 averaged 47.5 cm at release and 50.7 cm at recapture, were at liberty an average of 132 days, and had an average growth rate of 0.24 mm per day.

The following highly unusual returns of tagged yellowfin were received during 1982:

Release			Recapture			Days free	Net distance (nm)
Date	Area	Length (cm)	Date	Area	Length (cm)		
Apr. 2, 1979	12°58'N-92°19'W	46	Aug. 11, 1982	10°21'N-109°20'W	?	1,228	1,012
Apr. 26, 1979	6°13'N-85°02'W	?	Sep. 16, 1982	10°46'N-107°36'W	?	1,240	1,366
Feb. 16, 1980	17°46'S-150°32'W	85	Aug. 31, 1982	2°13'N-120°06'W	?	928	2,162
Oct. 18, 1981	10°18'N-109°13'W	63	May 18, 1982	10°19'S-84°42'W	91.8	213	1,916

The return of a tagged yellowfin after more than 2 years at liberty (first three fish) is a rare occurrence. The record time at liberty for this species is 1,657 days, for a fish released in November 1969 and recaptured in May 1974.

The third fish was released off the Tuamotu Islands. A total of six tagged yellowfin released in the central Pacific have now been recaptured in the eastern Pacific. Those are shown in Figure 8. Two were released off the Tuamotu Islands (IATTC annual report, 1981, and present report), two off the Pitcairn Islands (IATTC annual report, 1981), one off the Marquesas Islands (IATTC annual report, 1979), and one near Christmas Island, by the Fisheries Research and Development Agency of Korea (IATTC annual report, 1981). The first five fish were recaptured outside the CYRA and the last in Experimental Area 2 (Figure 1).

The fourth fish in the above table traveled an unusually long distance, and was recaptured in an area where relatively little fishing takes place.

In addition, the first instance of a tagged yellowfin released in the western Pacific and recaptured in the eastern Pacific was recorded. This is also shown in Figure 8. This fish was released by the South Pacific Commission at 16°01'S-179°48'E (Fiji) on April 21, 1980, and recaptured by a purse seiner at 2°54'N-118°55'W on August 31, 1982. The location of recapture for this fish is

also outside the CYRA. The fish was at liberty 862 days and had traveled a net distance of 3,806 miles. This is the longest migration recorded for this species.

The IATTC's bluefin tagging and sampling program in Japan, conducted in cooperation with the Far Seas Fisheries Research Laboratory, Shimizu, Japan, continued in 1982.

An IATTC employee spent most of January, February, and March in Japan to tag and sample bluefin in the winter troll fishery which normally takes place during January-April at the south end of Kyushu Island. Unfortunately, apparently due to abnormal oceanographic conditions, the fishery failed to materialize in this area in 1982, so no fish were tagged.

An IATTC employee spent the period from mid-July to mid-September at Shikoku Island, Japan, for the purpose of tagging and sampling bluefin caught by the troll fishery which takes place there during that period. Due to a series of storms throughout most of the season, and scarcity of fish when the weather was good, the catches were poor, and only 237 fish were tagged. Of these, 125 were injected with tetracycline for growth studies.

The returns to date from all the bluefin tagged by the IATTC in Japan are shown in Table 7.

These experiments have revealed a considerable amount of information about the migrations of bluefin. The 1979-year class fish released in January-April 1980 were about 9 to 12 months old at the time of release. None of them was recaptured in the eastern Pacific during the summer of 1980, when they were about 15 to 18 months old, but 24 of them were recaptured there in 1981, when they were about 27 to 30 months old. The 1981-year class fish released in July-September 1981 were about 3 to 5 months old at the time of release. A total of 18 of these were recaptured in the eastern Pacific during the summer of 1982, when they were about 15 to 18 months old. From these data it appears that if age 0+ fish begin their migration to the eastern Pacific in the fall, they can arrive there by the following summer, when they are 1+ years of age. However, if they remain in the western Pacific until the winter, they will not arrive in the eastern Pacific until the summer after the following summer, when they are 2+ years of age.

Two of the western Pacific returns in Table 7 were from fish caught in the albacore gill net fishery, which is conducted far to the east of Japan. Both fish were caught on June 2, 1982, one at 37°52'N-161°01'E and the other at 37°32'N-171°52'E. These fish may have been en route to the eastern Pacific when they were caught.

Some highly useful data on the growth of bluefin have also been produced by these experiments. Nine returns of fish released in January-April 1980 were

received in 1982, all in the western Pacific. Data on the growth of those recaptured in 1981 are given in the IATTC annual report for 1981. Those recaptured in 1982 averaged 48.7 cm at release and 114.4 cm at recapture, were at liberty an average of 886 days, and grew an average of 0.74 mm per day, almost the same as the value of 0.76 obtained for the fish which were recaptured in the western Pacific in 1981.

The growth rates of the fish released in the summer of 1981 and recaptured in the western and eastern Pacific after different times at liberty were as follows:

Area of recapture	Days free	Number of fish	Average length at release (mm)	Average length at recapture (mm)	Growth rate (mm per day)
Western Pacific	1-30	13	212	249	1.99
	31-60	27	209	328	2.67
	61-90	43	207	388	2.35
	91-120	66	212	444	2.14
	121-150	31	206	463	1.97
	151-180	5	220	484	1.64
	181-270	4	182	509	1.56
	271-450	14	219	652	1.34
Eastern Pacific	271-450	4	228	642	1.11

It is apparent that the growth rate decreases with age within the ranges of size represented in this experiment. It can also be observed that the growth rate of the fish which migrated to the eastern Pacific was less than that of those which remained in the western Pacific, as was the case for the 1979-year class fish tagged and released in January-April 1980 (IATTC annual report, 1981). It should be noted, however, that the growth estimate for the trans-Pacific migrants is based upon only four fish.

In 1979 and 1980, 414 purse seine-caught bluefin were tagged and released in the eastern Pacific Ocean. During 1979, 1980, and 1981 there were 46 returns from these, all from fish recaptured in the eastern Pacific. On April 29, 1982, one of these, which had been released on August 16, 1979, was recaptured off Japan. This fish had grown from 850 to 1,526 mm in length in 988 days at liberty. Previous to this only nine other bluefin had been recaptured off Japan after having been tagged and released in the eastern Pacific. These were released during the 1958-1964 period and were at liberty 674 to 1,907 days.

### ***Population studies***

The objectives of this phase of the tuna biology program have been described in the Commission's 1981 annual report. This program continues to address the



requirement for information on the pattern, if any, of biological subdivision, the kind and amount of interchange between groups of organisms that inhabit different geographic areas, and ultimately the use of this information to optimize management strategies.

As in the preceding year, some of the effort has been devoted to the systematic accumulation and re-evaluation of yellowfin and skipjack data collected by past investigators. The majority of the effort, however, has been directed to a study of the population structure of the northern bluefin tuna. The re-evaluation of past data has proven to be a tedious and time consuming task, hampered by the need for an "after-the-fact" systematic assemblage and description of the data base and methodology, and by the discovery and rectification of what appeared to be inconsistencies in the data base.

The northern bluefin tuna study is being carried out under contract with the U.S. National Marine Fisheries Service (NMFS). Initially the program was conceived as a field test of a new and promising method of studying stock structure, but more recently the program has been expanded and accelerated to provide information on the rate of mixing of fish that spawn in the Mediterranean Sea and Gulf of Mexico. This increase in the scope and rate of activity has resulted from concern over status of the stocks and the implementation of conservation programs. Detailed information on stock structure is needed to perfect management tactics. Details of these programs are given below.

#### ***Studies of serum protein and morphological variation of yellowfin and skipjack***

The short-term objective of this portion of the program is to assemble the data from past studies in a readily understandable and easily accessible format and to describe both the methodology and data base in sufficient detail so that both Commission personnel and outside investigators can perform additional analyses. The long-term objective, as before, is to begin a process of analysis that addresses fundamental questions in the population biology of these species.

With this objective in mind, the existing data were reassembled from the original laboratory records. Data files were constructed containing information on when and where each fish studied was collected and whether blood serum contained specific alleles of the esterase, transferin, and P.G.I. enzyme systems. A number of measurements were made on the same fish in a subset of the sample, and these multiple measurements were matched with the corresponding data on the enzyme systems.

The data were organized and copied onto magnetic tape, so that the information on each fish is in the form of an array of numbers. Descriptive codes were included to aid future users with the task of collecting subsets of the data into files which are comparable and allow for further statistical analyses.

A detailed report was prepared on the history of the studies carried out during the last 12 years. Included in this report is a description of how samples were collected, how measurements were made, how the samples were stored, and how these were processed in the laboratory. Also the report includes a detailed description of the data base and how the data are organized into files.

These tasks, for the most part, were completed by the second quarter of 1982. Effort during the remainder of the year was directed toward resolving minor problems and inconsistencies in the data base. Most of the difficulty involves the fact that workers other than the principal investigators who started the study are reconstructing the conditions under which the study was carried out and are assembling the data files and summaries. A complete draft of the final summary report has been sent out for review, and publication is expected soon after comments are received.

A number of preliminary analyses have been carried out on the data files. Also, some multivariate analyses have been carried out on the data by individuals working with the summary report both as a means of checking the sufficiency of the report and as pilot studies. Detailed analyses of the data awaits the resolving of minor problems and a final version of the summary report and amended data files.

#### *Studies of migration rates using trace element chemistry*

The overall objective of this program, as before, is to determine the rate of intermingling of tunas from different geographic areas. The specific objective of this phase of the program is to determine whether useful patterns of chemical variation are detectable and whether these can be employed to determine areas of origin of tunas taken in specific fisheries. Two pilot studies have been carried out to date, the first of these on juvenile yellowfin and the second on juvenile bluefin. With both species, juveniles taken from different geographic areas were found to have characteristically different trace element patterns. Individual fish were readily identified as belonging to one or the other geographic area with little error in classification. The first study, involving juvenile yellowfin from the eastern Pacific, was carried out using marginally adequate equipment, but following this, the Commission began a joint program with the NMFS, which assisted with the cost of developing and constructing adequate equipment. The northern bluefin was chosen as a test species because it spawns in relatively distinct geographic areas (the Gulf of Mexico and the Mediterranean) and because there is a pressing need for information on the rate of interchange between the two spawning areas. A second pilot study was carried out on juvenile bluefin collected in the eastern and western Atlantic. As with yellowfin tuna, the trace element patterns of individual fish from different sides of the ocean were characteristically distinct. The pilot study on yellowfin is described in the Commission's 1980 annual report, and the equipment developed and the results of the pilot study on juvenile bluefin are described in its 1981 annual report. The

results of these programs were judged promising, and a more accelerated and expanded program on bluefin was started in the winter of 1981. The tasks completed during 1982 are described as follows. Arrangements were made to collect additional bluefin samples. Data collected during the initial pilot study were reanalyzed. Different sites along the same vertebra were irradiated in order to better define temporal and geographic variation. The duration and intensity of radiation was varied to speed up the analyses and better define differences. More efficient and less time-consuming methods of processing data "on line" and controlling the experiment were developed. Vertebrae from the tail region of giant bluefin from different fisheries (locations) were removed, sectioned, and prepared for analysis. A subset of 42 giant bluefin from the two different geographic areas were irradiated and the data analyzed. Details of the above tasks are given in the following paragraphs.

#### *i. Arranging for the collection of samples*

Sampling of bluefin is difficult because of the wide area of interest (the eastern and western Atlantic, the Mediterranean Sea, and the Gulf of Mexico), the small number of fish landed compared to other species of tuna, and their sporadic occurrence. Furthermore, no one organization has been funded to carry out this task; individuals from a number of different nations and organizations are involved. Although the IATTC has had no direct responsibility for collecting samples, over half of the samples on hand at the start of this fiscal year were collected by Commission personnel while assigned to other tasks. Later in the year, with the kind cooperation of the International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, a total of 126 tail sections were obtained from the Strait of Gibraltar and the Tyrrhenian and Ionian Seas in the Mediterranean. Additional samples of school size fish, 2- to 4-year old bluefin, and giant bluefin were obtained from the western Atlantic as well.

#### *ii. Reanalysis of juvenile bluefin tuna*

The results comparing two- and three-year old bluefin tuna from the eastern and western Atlantic given in the Commission's 1981 annual report were obtained from data collected just prior to the close of that year. The analyses carried out were a form of pattern analysis, in which the chemical composition of individual fish vertebra was characterized by an array of some 1024 variables, with the value of each variable ranging from 0 to 500,000. While the procedures used and results obtained are valid, there are other more traditional and time consuming methods of analyzing the data. Such methods often provide greater insight into the nature of the differences separating classes of objects. While pattern analysis techniques employ the entire data base, spectrum stripping methods are employed to reduce the spectrum to a number of components. Specifically, the spectrum obtained from an analysis is made up of peaks that are due to the presence of chemical elements such as phosphorus, sulfur, chlorine, calcium, iron, etc., superimposed upon a background that is related to the density of the matrix (bone) and factors often considered "background noise." The first major

task undertaken was to develop a system of computer programs which would integrate the area under individual peaks, subtract the background, and plot the results. Spectra from individual fish are also plotted so as to allow workers to overlay data from different geographic areas.

Relative heights of the different elemental peaks of fish from different areas were compared visually by making overlays. There are obvious differences between the graphs of data derived from 2- and 3-year old bluefin from off Spain and those derived from similar age groups from off Virginia. Differences were also observed in the height of the background. A number of colleagues employed in "blind tests" were able to easily classify graphs into two categories, corresponding to the two different geographic areas, with no uncertainty.

Ratios of elemental peaks within a spectrum were calculated as a means of normalizing the data. Normalization is necessary since the proton flux may vary between successive analyses, and while two identical samples may have been exposed for the same duration, the total counts in the spectrum and areas of specific peaks may differ. Taking ratios of two elements is an effective means of normalizing the data. Ratios of the peak areas associated with the elements chlorine and strontium were computed for each of the spectra obtained from fish of the two geographic areas. Statistical analyses of these data indicate that it is unlikely that the two samples could have been drawn from the same population ( $t(34 \text{ d.f.}) = 5.594, p < .001$ ).

### *iii. Sequential analyses of individual vertebrae*

The posterior edge of the bone was sectioned and mounted such that successive analyses based on proton-induced X-ray emission spectrometry (PIXE) could be readily carried out on wedges containing the centrum, the portion of the bone deposited as post larvae, the portion deposited during adolescence, and the portion deposited just before capture. A line transect of non-overlapping analyses was carried out at 0.9 mm intervals beginning at the centrum focus and extending to the outer edge. Ratios of chlorine/strontium peaks when plotted as a function of distance from the origin displayed geographic differences as well, that is, temporal patterns were different in fish from the eastern and western Atlantic. This temporal and geographic variation is illustrated in Figure 9.

The ratio of phosphorus and strontium also showed temporal differences as illustrated in Figure 10, where phosphorus/strontium profiles of three fish (believed to be age 2) are compared with three fish believed to be age 3. These graphs suggest that the ratio of these elements undergoes regular seasonal change and may be used to determine the organism's age. All six fish were taken in summer within 3 weeks of each other. Additional studies were carried out on fish believed to vary in age between four and eight. There is a close relationship between age as inferred from seasonal changes in P/Sr ratios and age as estimated from population data on growth and tagging. Ratios of other elements also appear

to differ seasonally; however the similarity between the two methods is less obvious with older fish. Additional studies are needed to test the generality of the findings.

#### *iv. Optimizing experimental parameters*

The PIXE analyses are time consuming and costly. Studies were carried out to determine the maximum amount of beam that could be applied to the sample before it degraded and to determine the minimum duration which samples could be irradiated. Samples which were used in the preceding pilot study were reanalyzed and the new results compared with previous results to estimate maximum and minimum exposure rates. The time required to analyze an individual location (part of a vertebra) was reduced significantly.

#### *v. Preparation of samples and the analysis of giant bluefin from the Mediterranean and the eastern Atlantic*

Samples from these two regions were paired and run consecutively so that equal numbers of each were analyzed on the same day. A subset of 21 samples from each area was processed. Each of the 42 vertebrae was irradiated from 9 to 14 times, depending upon the size of the fish. Using only data obtained from analyses carried out on the part of the bone deposited during the "first winter," it would appear that there is some mixture or migration of fish between areas. Individual chlorine/strontium ratios of giant tuna are similar to the ratios found in juvenile fish. The ratios in the majority of adults from the Mediterranean were similar to those of juveniles from that area. Similarly, the majority of the adults from the western Atlantic were found to have elemental ratios similar to juveniles from the western Atlantic but, as before, there are significant differences between fish of the Mediterranean and the western Atlantic. A small but significant percentage of adult fish in each area was found to have patterns similar to those of the opposite area suggesting interchange, and furthermore the rate of interchange appears to be asymmetrical. Confidence limits for these estimates of mixing are broad because of small sample sizes.

Similar statistical analyses were carried out using pattern analyses, i.e., using the whole spectrum, ratios of Cl/Sr during the first winter, and element profiles. All methods give similar results. More samples must be analyzed and independent methods used to check the validity of these findings.

The preliminary results of this study are sufficiently promising that the NMFS has expanded the contract with IATTC to include more samples, including fish from other bluefin fisheries. Also, plans have been made to carry out similar studies with tropical tunas in the eastern Pacific, should the results of the bluefin project prove promising.

## OTHER ASPECTS OF TUNA BIOLOGY

### *Size composition of the 1982 catch*

Length-frequency samples of yellowfin, skipjack, bigeye, bluefin, and black skipjack are collected from the catches of purse seiners and baitboats by Commission personnel at ports of landing in California, Puerto Rico, Mexico, Panama, Ecuador, and Peru. The catches of yellowfin and skipjack were first sampled in 1954, and sampling has continued every year to the present. Information obtained from length-frequency samples has been used to make estimates of growth, mortality, yield-per-recruit, and year-class abundance. The results of these studies have been reported on in several bulletins and annual reports of the Commission. By the end of April 1983, 576 yellowfin, 497 skipjack, 35 bigeye, 38 bluefin, and 24 black skipjack samples from the 1982 eastern Pacific purse-seine and baitboat catch had been collected and processed. The size composition of the bluefin and black skipjack catches are discussed in other sections of this report.

The annual length-frequency distributions of yellowfin sampled from the CYRA during 1977–1982 are shown in Figure 11. The preliminary estimate of the average weight of yellowfin for 1982 is 23.5 pounds (10.7 kg). This is an increase of 1.4 pounds (0.6 kg) over the 1981 average weight, and is the highest value since 1977.

The annual length-frequency distributions of yellowfin catches from the eastern Pacific Ocean between the CYRA boundary and 150°W for 1977–1982 are shown in Figure 12. As in all previous years, the average weight of yellowfin for this area for 1982, 63.5 pounds (28.8 kg), is considerably higher than the average weight for the CYRA. The average weight for 1982 is the highest since 1978.

The annual length-frequency distributions of skipjack sampled from the eastern Pacific Ocean during 1977–1982 are shown in Figure 13. The preliminary estimate of the average weight for 1982 is 5.2 pounds (2.4 kg). This is slightly higher than the average weight for 1981, 4.9 pounds (2.2 kg), which was the lowest annual average weight recorded since the beginning of sampling in 1954.

The annual length-frequency distributions of bigeye sampled from the eastern Pacific Ocean surface fishery during 1977–1982 are shown in Figure 14. The 1982 bigeye catch was one of the smallest in recent years, and only about half as many length-frequency samples were collected as in 1981. The proportion of fish smaller than 50 cm in the catch is the highest since 1977, and there were few fish larger than 140 cm sampled.

### *Relation between size distribution, and area and fishing method*

The mean length of yellowfin is used as a measure of the exploitation of the population. The size of fish caught offshore is greater than that of fish caught in-

shore. This may reflect a genuine difference in the population which is sampled by the fishing process, but fishing techniques may bias the sample, and the bias may vary in different areas. Allen (IATTC, Internal Report 16) showed more large fish are caught in association with dolphins. A larger proportion of fish caught offshore are caught in association with dolphins.

To determine whether the greater mean size of fish caught offshore reflects the greater proportion of fish caught in association with dolphins or if there is a genuine difference in the populations, the length-frequency samples for each year from 1975 to 1980 were stratified by area and fishing mode. The three fishing modes were free-swimming schools, fish caught in association with logs, and fish caught in association with dolphins.

Fish caught in association with dolphins had the greatest size range, the upper bound of this range being lower inshore than offshore. The frequency distributions of fish caught in association with logs were dominated by smaller fish. Inshore fish caught as free schools tended to be slightly larger than those associated with logs, and offshore such schools contained some much larger fish.

Thus the increase in the mean size of fish offshore would seem to be due to both the different types of fishing and a difference in size caught by each type. From year to year each stratum appeared to vary independently. Until the schooling behavior of the fish is better understood the size distribution of the total population cannot be determined with confidence.

#### *Yellowfin sex ratio study*

During 1982 sex ratio data for yellowfin in the eastern Pacific were analyzed to determine if differences in the sex ratio existed among gear types, areas, lengths of fish, and seasons. Data from previous IATTC spawning studies in which sex data were recorded were used. Longline data were analyzed for the 1958-1961 period, and surface data were available for two periods, 1958-1961 and from 1970-1973. Sample areas were established (Figure 15) and data were analyzed by gear type, area, and quarters of the year. Combined data for each area and the results of chi-square analyses are shown in Tables 8-12.

#### *Longline fishery*

Longline data were divided into two sample areas within the eastern Pacific. Area I is located north of 0° and Area II south of 0°. Analysis of data from Area I revealed a slightly higher proportion of males to females in the smaller size intervals from 82-119 cm; however chi-square analysis showed no significant deviation from the expected 1:1 relationship. From 120-129 cm Area I contained 52 percent females, and between 130-139 cm the percentage of females increased to 58 percent. This was the only size interval in which females dominated in every quarter and in which the chi-square analysis showed a highly significant departure from the predicted 1:1 sex ratio due to a greater abundance of females.

Above 140 cm the percentage of males increased and chi-square values were highly significant in every size interval. At lengths of 160 cm 95 percent of the fish sampled were found to be males.

The combined data from Area II show a highly significant excess of males in every size interval above 100 cm. There was a small increase in the number of females observed between 130–139 cm; however the proportion of males was still significantly higher. The data from Area II, when analyzed by quarter, showed highly significant deviations from the expected 1:1 ratio during the first and fourth quarters in almost every size interval above 100 cm, whereas the second and third quarters showed no significant differences in the ratio below lengths of 140 cm.

### *Surface fishery*

Data from the surface fishery were combined into three areas to increase sample sizes. No major differences in the sex ratios were noted between quarters and sample areas for yellowfin between lengths of 60–129 cm. In these smaller size ranges 51–52 percent of the fish sampled were males; however chi-square analysis proved to be non-significant for these sizes. From 130–149 cm the percentage of males increased rapidly in all areas and quarters, although the coastal areas were found to have a larger percentage of males (81%) than was found in the offshore sample areas (70%). In the 150–160 cm size class all surface sample areas contained 90 percent or greater males, and above 157 cm no females were found. At lengths above 140 cm chi-square values proved to be highly significant due to the high percentage of males found in all quarters and areas.

From the data analyzed thus far it is apparent that differences in yellowfin sex ratios exist between gear types and also within gear types in the eastern Pacific. In the larger size classes (>130 cm) differential growth and/or mortality may be the reason higher percentages of males are observed from both gear types. The large excess of females noted in Area I from the 120–139 cm size class may be an indication of differential growth; however sample sizes were small from this area and large proportions of females were not observed in any other areas. The large proportion of males noted in Area II for the size classes above 100 cm is considerably higher than similar size ranges in the surface gear, and also appears to occur to a greater extent during the first and fourth quarters. It is interesting to note that other researchers have found disparities in sexual maturity between longline and surface-caught yellowfin. These differences may indicate differential availability between the sexes is occurring, perhaps relating to maturity and spawning.

### *Otolith studies*

During 1982 increment counts on yellowfin otoliths ( $n = 196$ ) were completed and the relationship between increments and several fish morphometric



characters were established. Details of the counting method and figures appear in the Commission's 1981 annual report. Commission staff members, however, questioned the validity of one relationship, that between fork length and increments, because of its small variance and lack of outliers. To determine if the original counts were influenced in any way several months were allowed to elapse before a random sample of 38 otolith replicas were subjected to a blind count. The results, based on an approximate regression technique and covariance analysis, demonstrated that the variance of the blind counts were significantly greater ( $F_{0.25,36,36} = 8.5^*$ ) than that of the original values. A blind recount of the entire sample was therefore in order.

At present 32 replicas have been recounted and a regression of original increments ( $I_o$ ) on new, blind counts ( $I_b$ ) is expressed by the equation

$$I_o = -35.48 + 1.06I_b.$$

The regression coefficient (1.06) is significantly ( $t_{0.05,30} = 3.6^*$ ) greater than 1.0 and indicates that the  $I_o$  values are somewhat greater than  $I_b$ . This conclusion is tentative and subject to change by additional counts prepared over the next few months.

### ***Feeding and energetics studies of yellowfin***

#### ***Gastric evacuation project***

Analysis of the data from the 1981 gastric evacuation experiments with captive yellowfin is nearing completion. The experiments, reported in greater detail in the Commission's 1981 annual report, were undertaken to estimate rates of food consumption by yellowfin in the eastern Pacific using stomach samples from the commercial catch. The gastric evacuation rates (per hour) determined from the experiments are used to adjust the data on mean level of food in the stomachs in order to estimate hourly food intake. Mixed meals of four food species, mackerel (*Scomber japonicus*), squid (*Loligo opalescens*), smelt (*Hypomesus pretiosus*), and nehu (*Stolephorus purpureus*), were fed to differentially tagged captive yellowfin. Briefly, the experimental procedure entailed recording the weight of each food particle, the time it was eaten and by which fish, sacrificing the fish after various time intervals following feeding, and removing and weighing the partially digested organisms remaining in the stomachs immediately after death.

Ten evacuation experiments were performed. The mean quantity of all four food types ingested by 69 yellowfin was 77.2 g, standard deviation 36.4 g, and ranged from 15.8 to 164.8 g wet weight. In terms of percentage of body weight (ration size) the mean quantity eaten was 8.54%, standard deviation 3.88%, and ranged from 1.31 to 18.31% on a wet food weight-wet fish weight basis. A significant negative correlation was observed between ration size and fish body weight excluding the weight of the stomach contents ( $r = -0.439$ ,  $n = 69$ ,  $p < 0.001$ ). The

69 yellowfin utilized in the experiments yielded 45 observations on mackerel, 46 observations on squid, 50 observations on smelt, and 30 observations on nehu. Scatter diagrams for each food species, representing percent of the experimental meal recovered from the stomach versus hours after feeding, are presented in Figure 16.

Prior to further analysis, the four data sets were edited in order to remove a bias caused by an asymmetrical distribution at high post-feeding times. The bias, inherent in this type of data, if not corrected for, would result in the distribution appearing inordinately curvilinear at high post-feeding times. Subsequently, the edited data for each food organism were fit to three mathematical models, linear, exponential, and square root. These three models have frequently been utilized in studies of gastric evacuation rates in fishes. By means of a thorough analysis of the residual errors of each fit, it was determined that, of the three functions, the linear model gives the best fit to all four data sets. The least squares linear regression equations for each food type, where  $Y$  = percent of the experimental meal recovered from the stomachs and  $X$  = hours after feeding, are as follows:

Food species	Regression equation	$r^2$
Mackerel	$Y = 76.0 - 4.10 X$	71.1
Squid	$Y = 84.7 - 8.00 X$	72.9
Smelt	$Y = 79.1 - 7.60 X$	50.9
Nehu	$Y = 72.7 - 11.82 X$	50.4

The regression coefficients (4.10, 8.00, 7.60, and 11.82) represent the gastric evacuation rates [percent of meal eliminated from the stomach per hour] for mackerel, squid, smelt, and nehu, respectively.

The data were subjected to analyses of covariance (ANCOVA) to determine the effect, if any, of food type, ration size, and fish body size on evacuation rate. The results of the tests for food type indicate that the evacuation rate for squid, smelt, and nehu were not significantly different from one another, but the rate for mackerel was significantly different from all the others at the 95% level of significance. However, the  $y$ -intercepts (percent of meal at zero time) of the regression lines for squid, smelt, and nehu were not homogeneous, according to the ANCOVA test. The results of the ANCOVA for ration size (experimental meal size in terms of percent of body weight) indicate that the amount of food in the stomach did not significantly affect the rate of gastric evacuation of squid, smelt, and nehu, but did appear to have a significant effect on that of mackerel. The ANCOVA tests for the effect of yellowfin body size on evacuation rate indicate that the regression coefficients in each case were not significantly different. Therefore, evacuation rate of each food type does not change significantly with yellowfin body size over the size range of fish in this study (220–1756 g, 23.6–45.1 cm fork length).

The gastric evacuation rates determined from this study will be utilized in a model for estimating daily rates of food intake by yellowfin in the eastern Pacific. The intake rates will provide a field-based estimate of the average total energy ingested in order to satisfy the sum of the components of the energy budget. Estimates will be made of the biomasses of the principal species of prey consumed by the eastern Pacific yellowfin population.

### *Trophic relationships between tunas and their prey*

During recent years work has continued in collaboration with other agencies to gain a better understanding of the trophic structure of the pelagic food web in the eastern Pacific Ocean and the role and position of yellowfin and skipjack tuna in that ecosystem. Feeding relationships and energy pathways within animal communities are important from the standpoint of harvesting, managing, and/or protecting species of importance to man. Two approaches which have proven valuable in tracing food web linkages in the eastern Pacific tuna fishery have entailed the coupling of information on stomach contents with data on the cesium-potassium ratios and the stable carbon isotope ratios of principal component species of the ecosystem. The results of the cesium-potassium ratio study are summarized in the Commission's 1980 annual report and have been published in an outside journal.

Stable carbon isotope ratios in organic material have been used as natural tracers to 1) identify sources of organic carbon in the environment (i.e. different producer communities) and 2) to delineate flow pathways of carbon up the food chain. The first is possible because individual plant species or groups possess unique ratios of two stable isotopes of carbon,  $^{13}\text{C}$  and  $^{12}\text{C}$ , due to the differential biochemistry of photosynthetic fixation of carbon dioxide by different plants, including phytoplankton. The second use is the theme of the present study. While the  $^{13}\text{C}:^{12}\text{C}$  ratio of animal tissue closely resembles the  $^{13}\text{C}:^{12}\text{C}$  ratio of the animal's diet, a small but significant elevation in animal  $^{13}\text{C}:^{12}\text{C}$  ratio relative to that of the available food has been observed. Systematic increases in the ratio as a function of assumed trophic level have been reported in several marine communities. Therefore, coupling stable carbon isotope analyses with stomach content studies can provide an integrated picture of major food web linkages.

Most of the samples for the analysis were collected during tagging cruise 1089 off the coast of Central America during April 1980. Muscle tissue samples and stomachs were taken from 4 silky sharks (*Carcharhinus falciformis*), 36 yellowfin, and 44 skipjack. Several samples of zooplankton and some of the major tuna prey species were also collected, including frigate tunas (*Auxis thazard*), flyingfishes (*Oxyporhamphus micropterus* and *Exocoetus* sp.), and squid (*Symplectoteuthis oualaniensis*). Specimens were collected by baitfishing, trolling, dipnetting, and towing a plankton net, and from the stomachs of the predators.

Stomach content analysis provided data for computing an Index of Relative Importance (IRI) for each predator species. This information and previous

knowledge of the prey's feeding habits provided a means of assigning a numerical estimate of the trophic level of each consumer species analyzed. The five conventional trophic levels recognized are: I, primary producers (autotrophs); II, herbivores (feed on I); III, primary carnivores (feed on II); IV, secondary carnivores (feed on III); and V, tertiary or top carnivores (feed on IV). The carbon isotope content of each sample was analyzed using a mass spectrometer by G.H. Rau, NASA-Ames Research Center.

By convention the resulting carbon isotope ratio of each sample was reported as  $\delta^{13}\text{C}$  where:

$$\delta^{13}\text{C} = (((^{13}\text{C} / ^{12}\text{C}_{\text{sample}}) \div (^{13}\text{C} / ^{12}\text{C}_{\text{PDB}})) - 1) \times 1000 \text{ o/oo}$$

(PDB refers to the belemnite carbonate standard from the Peedee Formation in South Carolina.) The  $\delta^{13}\text{C}$  and estimated trophic level of each food web component analyzed are presented in Table 13. The macrofauna had considerably higher [less negative] isotope values than the zooplankton collected in the same area. This discrepancy may be due in part to analyzing bulk zooplankton biomass rather than the muscle exclusively analyzed for the other animals. Muscle and other protein-rich tissues have been shown to exhibit somewhat higher  $\delta^{13}\text{C}$  values relative to those of whole organisms, particularly lipid-rich tissues. Excluding the values for plankton, the mean  $\delta^{13}\text{C}$  for each consumer analyzed was highly correlated with its estimated trophic level ( $r = 0.82$ ). The average increase in  $\delta^{13}\text{C}$  per trophic level was 0.84 o/oo [parts per thousand]. The results indicate a systematic increase in trophic position of squid, flyingfish, frigate tuna, skipjack and yellowfin, and silky sharks, respectively, in the eastern Pacific. Although the mean  $\delta^{13}\text{C}$  values for yellowfin and skipjack are almost identical, the cesium-potassium ratio indicated that yellowfin occupy a considerably higher position in the food web than skipjack. This is also supported by food habit studies.

While the exact mechanism(s) for an increasing  $^{13}\text{C}:^{12}\text{C}$  ratio with increasing trophic level is(are) unknown, this study further substantiates the existence of small but progressive increases of the ratio in animal tissue with trophic position. These results corroborate the results of the cesium-potassium ratio study and refute the idea previously held that marine food webs are largely unstructured.

#### ***The fishery for yellowfin and skipjack by Ecuadorian small baitboats***

The fishery for skipjack and yellowfin by Ecuadorian small baitboats began in the mid-1950's. Canneries were first established in Manta, Ecuador, in 1957. Landings of tunas at Manta have been recorded by Commission personnel since 1957. In the early days of the fishery the Manta fleet consisted mostly of small baitboats (Class 1,  $\leq 50$  tons capacity) without refrigeration, that fished within about 60 miles of the coast and returned the same day to unload the fish. There

were a few bolicheras, small seiners (Class 1,  $\leq 50$  tons capacity) without refrigeration, which also fished in the same area and returned the same day. The number of bolicheras was small (1–8) until recent years, when they have been fishing principally for thread herring, *Opisthonema libertate*. The catch of tunas by bolicheras has always been small, and is ignored in the present analysis. The number of small baitboats that fished and their collective capacities during the 1957–1981 period are given in Table 14. The number of baitboats increased from 17 in 1957 to 60 in 1968 then decreased to 11 in 1981. Their capacities increased from 325 tons in 1957 to 1,760 tons in 1972 and decreased to 328 tons in 1981. The decrease in the number of baitboats coincides with the increase in the number of Ecuadorian purse seiners, beginning with 1 vessel in 1968 and reaching 41 in 1979 and 1980.

The mean monthly percent of annual catches of skipjack by Ecuadorian small baitboats is shown in Figure 17. Catches peak in June, with 49% of the annual catches being made in May, June, and July, and the lowest catches being made in February and March. The center of the fishery was at Manta, Ecuador, where the major canneries are located. Mean monthly sea-surface temperature (SST's) here varied little, from a low of 24.5°C in August to a high of 26.3°C in February. There appears to be no relation between the seasonal distribution of catches and SST's at Manta. At La Libertad, Ecuador, located about 77 nautical miles south of Manta the amplitude of the mean monthly SST's is much greater. Although Figure 17 shows that in February and March low catches of skipjack coincide with high SST's at La Libertad, there is no significant correlation between mean monthly values of percent catch and SST.

The best measure of annual fishing effort would have been the number of days fished by the baitboats, but the record was incomplete, so both the number of baitboats and the fleet capacity were used instead as crude measures of effort. When fish were scarce, however, many baitboats remained in port. These measures of effort based on fleet size and capacity therefore overestimate the actual effort during years of poor fishing. The average capacity of the baitboats was 17 to 20 tons from 1957 to 1967, and began increasing in 1968 to reach 36 tons in 1976, after which it declined to 30 tons in 1980 and 1981. Annual indices of abundance for both yellowfin and skipjack were calculated for both as catch per boat (CPB) and catch per fleet capacity (CPFC).

The annual numbers of boats that fished, the catches of skipjack, and skipjack CPB's are shown in Figure 18. The catches and CPB's show a tendency for the odd-numbered years to be higher than adjacent even-numbered years, but no explanation for this yet has been suggested. More importantly, the skipjack catches show a marked decline after 1971. This decline is similar to the one seen in the catch-per-unit-of-effort (CPUE) of skipjack by purse seiners of the international monitored fleet in the 5° area including the Gulf of Guayaquil (0°–5°S, 80°–85°W) and in the seven 5° skipjack areas between 5°N and 10°S. The correlation coefficient for ranks ( $r_s$ ) for CPUE in the Gulf of Guayaquil area and

CPB for Ecuadorian small baitboats is 0.63 ( $P < 0.01$ ) for the 1961–1981 period. It has been suggested that the decline in skipjack abundance off Ecuador in the later years, as indicated by the baitboat fishery, may be caused by purse seiners having reduced the population before the skipjack entered the area where the baitboats fished. But the data show that purse-seiner catches of skipjack in the Gulf of Guayaquil area have decreased after 1971, with the exception of 1975 which was high. Catches of skipjack in the seven  $5^\circ$  areas from  $5^\circ\text{N}$  to  $10^\circ\text{S}$  have shown no trend. The decline in abundance of skipjack in the fishery by Ecuadorian small baitboats does not appear to have been caused by the purse-seine fishery south of  $5^\circ\text{N}$ , but on the contrary, reflects the changes in abundance seen there.

The skipjack CPB was tested against the wind-mixing index ( $W^3$ ) in the skipjack spawning areas of the central Pacific approximately  $1\frac{1}{2}$  years earlier and  $r_s$  was  $-0.72$  ( $P < 0.01$ ). For  $W^3$  and CPUE of skipjack by purse seiners  $r_s$  was  $-0.44$  ( $P = 0.05$ ) for the Gulf of Guayaquil area, and  $-0.60$  ( $P < 0.01$ ) for the seven  $5^\circ$  areas south of  $5^\circ\text{N}$ . The higher values of CPB and CPUE in the 1960's may be partly explained by the lower wind velocities at the time of spawning, and the lower values in the 1970's by higher wind velocities. These are merely statistical correlations, however, and there is no proof yet that a functional relationship exists between skipjack abundance and wind velocities.

Because no continuous record of sea-surface temperatures (SST's) in the area of the skipjack and yellowfin fishery by Ecuadorian small baitboats is available, mean annual SST's were calculated for the two  $5^\circ$  areas off Ecuador ( $5^\circ\text{N}$ – $5^\circ\text{S}$ ,  $80^\circ\text{W}$ – $85^\circ\text{W}$ ). Skipjack CPB's and deviations from the regression line of ranks of CPB's and the wind-mixing index were tested against SST's in the two areas as explained in the section on SST's in the skipjack fishing areas (page 73). The  $r_s$  values were not significant:  $-0.21$  for CPB's and  $-0.12$  for deviations. The results are similar to the ones for the CPUE on skipjack from the monitored purse-seine fleet and SST's in the 22 skipjack areas.

### ***Bluefin studies***

#### ***The 1982 fishery***

The first recorded catches of the 1982 northern bluefin season occurred off Baja California in mid-July. This is the latest start for a bluefin season since the early 1950's; in most years the first catches are made in late May or early June. In July the area of catch extended from about  $27^\circ\text{N}$  to  $33^\circ\text{N}$ . In August catches were made between  $28^\circ\text{N}$  and  $33^\circ\text{N}$  and in September and October the area of catch narrowed to between  $30^\circ\text{N}$  and  $33^\circ\text{N}$ . The last recorded catches of the season were in mid-October. No catch was recorded south of  $27^\circ\text{N}$ . This is the first year, in the series of logbook records going back to 1961, that the areas of catch did not extend south to  $25^\circ\text{N}$ ; in most years bluefin are caught as far south as  $23^\circ\text{N}$ .

The preliminary estimate of the total bluefin catch for 1982 is slightly under 3,200 tons. This exceeds the 1981 catch of 1,168 tons, which was the lowest since 1933, and is nearly the same as the 1980 catch of 3,164 tons. The average catch for 1980-1982 is approximately 2,500 tons. In contrast, the average catch for 1970-1979 was approximately 8,600 tons.

Annual length-frequency distributions of purse-seine catches of northern bluefin made in the eastern Pacific Ocean during 1977-1982 are shown in Figure 19. The major mode in the 1982 catch is between 60 cm and 70 cm. The average weight of bluefin in 1982 is 17.4 pounds. This is the lowest average weight since the sampling program began in 1973. However, the size composition is not greatly different from that of 1978 except for the absence of fish larger than 100 cm.

#### *Length-frequency and length-weight data from Japan*

During the summer of 1982 an IATTC employee was stationed at Shikoku Island, Japan, to tag bluefin in the local troll fishery. In addition to tagging, he measured 229 bluefin, mostly in the local fish market, and weighed 131 of these to establish the length-weight relationship.

#### *Age studies*

During 1982, work continued on attempts to determine the age of bluefin based on the analysis of marks on hard parts, as described in the Commission's annual reports for 1980 and 1981. Sampling continued in both the eastern Pacific and Japan, and material from the tetracycline marking experiment initiated in Japan during summer 1981 was analyzed.

The sampling program initiated in 1980 to sample regularly the eastern Pacific landings continued with the onset of the season in late July. As in the past, length-frequency samples consisted of 50 fish each, and scales, spines, fin rays, vertebrae, and otoliths were taken from every fifth fish. By the end of the year, 34 samples, representing about 40% of the catch, had been collected, with the possibility of 5 more samples, because several vessels were still at sea with bluefin aboard. In most years, the fish first appear at about 24°N latitude in May, whereas the first fish in 1982 were captured in July at about 27°-28°N. Most of the catches were made north of 30°N. The average size of bluefin was smaller in 1982 than in 1980 and 1981, and they were probably in their second year (1+) whereas fish from 1980 and 1981 were in their third year (2+).

During the summer of 1981 a bluefin tagging experiment was initiated in Japan in which a portion of the fish was injected with oxytetracycline (OTC), a calcium-specific agent which is incorporated into the hard parts during growth. In effect this creates an artificial mark whose time of formation is known and from which the temporal significance of natural marks may be determined. The microstructure of bluefin otoliths has increments similar to those known to be of daily periodicity in other species.

A total of 3,297 bluefin were tagged in 1981, of which 883 were injected with OTC. A total of 332 have been returned to date, of which 136 were injected with OTC. They ranged in size from 15–28 cm at release with a mean of 20 cm and were at liberty from a few weeks to 400 days. Chi-square analysis of the data (not taking individual tagger or date into account) shows that significantly more OTC injected fish were returned ( $\chi^2_{0.05, 1df} = 34.08$ ) than non-injected fish. Growth rates for injected and control fish were compared in time strata by a two-factor analysis of variance and no difference was detected ( $F_{0.01, (1,6)} = 1.15$ ). The growth rates ranged from 3.5–8.4 cm/mo for fish at liberty 19 days to about one year (Figure 20, Table 15).

The total number of otoliths available for analysis was only 31, as most of the tags from OTC injected fish were returned without the fish. The fish ranged from 34–68 cm at recapture, with a mean of 48.2 cm.

The otoliths were analyzed whole under a compound light microscope at  $720\times$ . Daily growth increments in the area of the tetracycline mark in this case are enigmatic and hard to count as they contain numerous small, subdaily increments in their structure, and they are much wider and less uniform than those found on the more posterior portion of the otoliths of larger fish.

From the analysis of 29 of the 31 otolith pairs, the simple linear equation  $Y = a + bX$  was fitted to the data with the resultant equation

$$\bar{I} = -0.823 + 0.992 D$$

where  $\bar{I}$  = mean number of increments from the OTC mark to the edge of the otolith,  $D$  = days free;  $r^2$  (adjusted for degrees of freedom) = 99.8%. The line (Figure 21) is not significantly different from 1:1 ( $t_{0.05, 27df} = 1.006$ ). The 95% confidence limits of the slope ( $b$ ) and intercept ( $a$ ) are  $b \pm .0169$  and  $a \pm 0.358$ .

The primary objective of a researcher interested in increment analysis is the development of criteria to decide consistently and accurately which otolith structures are of daily periodicity. Secondary morphological characteristics of tuna otoliths, such as occlusions, split increments, interrupted growth, and the location of increments on the otolith, introduce an element of subjective interpretation. As a result, visual cues are developed by individual readers to identify daily units. Previous experience with yellowfin OTC analysis showed a 1:1 correspondence between increments and days free for a prescribed growth interval (40 to 110 cm fork length). Similar analysis of skipjack (42 to 64 cm fork length), however, demonstrated a ratio less than 1:1. The basic counting unit (daily increment) remained the same for both species, but the secondary characteristics were quite different. It is believed, however, that the deviation from the 1:1 ratio by skipjack was due to interrupted growth rather than differences in what constitutes a daily increment.



In bluefin of the size range studied, tagging results indicate the growth rate of the fish during the time of this experiment was rapid. Under these conditions structures that appear to be increments are much wider than in other areas and form broad arcs that frequently split into subunits along the counting path but coalesce into single increments lateral to the path. Interpretation is therefore difficult, and assistance from previous experiments with bluefin or other tunas in this growth phase is nonexistent.

For this reason, and because published sources indicate that increments are deposited daily during early growth, the first few otoliths were examined with knowledge of the number of days the fish was free in order to rapidly develop the criteria. This procedure thereby biases the count to predict an approximate ratio of 1:1 by somewhat circular logic. If the criteria developed on the basis of these few otoliths are rigidly applied to the remaining otoliths and the increments-to-days free ratio is found to be 1:1, then one may assume that the interpretation is consistent between individuals, the structure defined by the criteria is of daily periodicity, and growth is not interrupted over the length range studied. These experiments do not test whether the increments are indeed of daily periodicity; rather they allow the researcher to develop the criteria of the *a priori* assumption of the existence of daily increments. The structure of the experiment does not allow one to test for statistical significance.

The results and previously cited reasons suggest that it is highly probable that bluefin in this size range produce daily increments. Subsequent analysis of otoliths from larger, sexually mature, or migrating fish may show otherwise, however, so this conclusion is tentative.

In September, a giant bluefin (215.6 cm, 180.9 kg) was captured by a sport diver near Guadalupe Island (29°11'N-118°17'W), which has long been known as an area with large resident bluefin. It was sampled for hard parts and is by far the largest fish sampled in this study. The scales proved unreadable, even though they were from the caudal peduncle area. The dorsal spines were also unreadable and displayed a tendency to resorb the center of the spine, as was found in smaller fish. The caudal vertebra (33-35th) were stained with alizarin and examined by five investigators, two of whom have extensive experience in reading giant Atlantic bluefin vertebrae. All readers found 10 marks on the 35th vertebra, which closely approximates estimates for Pacific and Atlantic bluefin of that size made by previous researchers using vertebrae scales and otoliths. Likewise, the otolith estimates from crosssections were 10 although the first seven marks were difficult to interpret. It would be premature to designate this fish as a 10-year old without validation of the periodicity of the mark, however. It is interesting to note that the estimated age of this fish is very close to that of fish of the same size from the Atlantic.

### ***Black skipjack studies***

#### ***The 1982 fishery***

The landings of black skipjack by the eastern Pacific tuna fleet by flag of vessel and country of landing are given in Table 2. The majority of the black skipjack captures and landings (71%) were made by Ecuadorian-flag purse seiners between February and September. The principal catches were made in an area off Ecuador and Colombia between about 2°N and 6°N, and east of 85°W. Ninety-one percent of the sets which caught black skipjack were made on flot-sam.

#### ***Size composition and growth***

The annual length-frequency distributions of black skipjack sampled from the eastern Pacific Ocean during 1977–1982 are shown in Figure 22. Special efforts were made to obtain samples in 1981, and the analysis of these data is reported below.

The size compositions of the landings of black skipjack caught during 1981 for all sampling areas combined and for Areas 4, 5, and 6 (Figure 30 in the Commission's 1981 annual report) are shown in Figure 23. An estimate of the average weight of black skipjack captured and landed from each of these geographical regions was calculated, following the methodology in the Commission's Bulletin, Volume 16, Number 2. The best current estimates of the average weight of black skipjack during 1981 are shown in Figure 23. Note that the average weight of fish caught by purse seiners in Area 6, primarily off of Colombia, is considerably less than the average weight of fish caught in Area 5, primarily off of Costa Rica.

In the length-frequency polygon for all areas sampled during 1981, the predominant mode is at 43 cm, for Area 4 at 46 cm, for Area 5 at 45 and 51 cm, and for Area 6 at 32 and 45 cm. The two modes in the length-frequency polygon for Area 6 can be labeled as modal group I and modal group II. The labelling of these modes does not necessarily imply that they represent successive age-groups 1 year apart, or that the absolute age is known for either mode. However, if the modes do represent successive age-groups, the mean growth rate of black skipjack in Area 6 was about 13 cm/yr for fish between 32 and 45 cm.

Preliminary analyses of the tagging data of black skipjack recaptured from tagging Cruise 1095 in 1981 off Central America and northern South America are presented in this annual report under the section entitled "Tuna tagging." The recaptured black skipjack from Cruise 1095, which averaged 41.0 cm at release, appear to have an average growth rate of 0.37 mm/day, or 13.5 cm/yr, in this geographic area. Thus the growth rate estimated from the bimodal length-frequency polygon shown for Area 6, based on the assumptions previously presented, is comparable to that derived from the tagging data and, although sub-

jective, these modes may represent successive age-groups a year apart for which the ages of the fish are 1 and 2 years, respectively.

Quarterly length-frequency distributions for Area 5 for 1980-1981 are shown in Figure 24. There are some definite peaks with clearly defined modes which, although not labelled in this figure, are obvious. If we label the single mode in quarter 1 (Q1) at 45 cm, as modal group II and follow its progression, in quarter 2 (Q2) the mode is at 49 cm, and in quarter 3 (Q3) at 51 cm. Based on the progression of this mode, an estimate of the annual growth rate for black skipjack, greater than 45 cm, in this area during 1981 would be about 8 cm/yr. Preliminary analysis of black skipjack tagging data for Cruise 1096 presented in this annual report under the section entitled "Tuna tagging," reveal that fish averaging 47.5 cm at release had an average growth rate of 0.24 mm/day or 8.8 cm/year. Thus, the annual growth rate estimated by the modal progression technique compares favorably with that estimated from tagging data for fish of comparable sizes.

### ***Reproduction***

The reproductive biology of black skipjack is being investigated to obtain information on 1) areas of spawning and duration of the spawning period, 2) number of batches of eggs spawned annually, 3) minimum size at sexual maturity and percentage of spawners within size groups, 4) fecundity of different size groups, and 5) sex ratios.

During 1980-1981, Commission personnel collected ovaries of black skipjack and froze them. The samples came primarily from purse-seiner landings at canneries (see IATTC annual report, 1981, Table 15). In addition, ovaries from freshly-caught specimens of black skipjack were collected on Commission tagging cruises during 1980 and 1981, and fixed in 10% neutral buffered formalin (NBF).

A pilot study was conducted during 1982, which consisted of the microscopic examination and analysis of histological slides of ovarian tissue prepared from the specimens of black skipjack sampled at sea versus those unloaded from purse seiners at the canneries. Slides prepared from ovarian tissue from the central portion of the ovary sampled at sea within a few hours after death and fixed in NBF are of good quality, enabling detailed histological analysis of the ovary. In particular, the presence of postovulatory follicles (remnant of the follicle after ovulation), follicular atresia, and states of atretic eggs are distinguishable and easily identified. Histological slides prepared from ovarian tissue removed from frozen specimens sampled after being unloaded from a purse seiner are largely unusable because of post-mortem degeneration of the ovarian tissue. Although the oocytes are recognizable and can be measured, there is virtually no differentiation of follicular cells or other cell types in these slides. It appears that only ovarian tissue collected and fixed from specimens that have not been dead over 5 or 6 hours is of good enough quality for histological purposes.

Firm evidence of spawning is provided by the presence of postovulatory follicles (PO's), identified only by means of histological preparation and microscopic examination. The PO's, however, are presumably reabsorbed quite rapidly, being unidentifiable in as little as 72 hours after spawning, based on research on other pelagic spawners. Hydrated eggs can be identified accurately without histological preparation, and since they presumably have a duration of no more than 24 hours, can be used as an indicator of daily spawning. Histological criteria will be used along with measurements of oocyte diameters to assign stages of maturation to the gonosomatic indices obtained from the individuals sampled.

The presence of hydrated eggs and postovulatory follicles in some of the specimens sampled provides firm evidence that black skipjack spawn off Central America in March and around Clipperton Island in October. Ova in the most advanced group in late maturing black skipjack are about 0.6 mm in diameter. Also, there are three smaller modes of ova with eggs averaging about 0.4, 0.2, and 0.1 mm in diameter, respectively. At the time of hydration, just previous to spawning, ova in the most advanced mode increase in diameter from about 0.6 mm to about 0.8–0.9mm. Diameters of the loose hydrated ova fixed in formalin are about 0.9 mm, but they are probably about 0.9–1.1 mm under natural conditions, since formalin causes shrinkage.

The smallest specimen thus far found to be sexually mature and in spawning condition, based on hydrated eggs present in the ovary, is 46 cm. However, the minimum size at first maturity in black skipjack is probably somewhat smaller.

#### *Swimming performance, body temperatures, and gastric evacuation*

Analysis of the data from observations and experiments conducted on two groups of live black skipjack held in a tuna bait well intermittently for just over 4 days during a Commission tagging cruise in 1981 has been completed, and a manuscript describing this work was prepared in 1982. The principal results of the research are presented below.

Adult black skipjack held in a large bait well for just over 4 days demonstrated the hardiness of this fish and enabled behavioral and physiological research to be conducted. Two groups of fish, 46–55 cm in length, swam average sustained speeds of 69 and 78 centimeters per second after 24 hours in captivity. The tailbeat frequency of fish of 46 cm swimming at an average sustained speed of 1.4 body lengths per second, was 2.1 tailbeats per second with a stride length of 0.66 body lengths per tailbeat. The average excess core temperature for three experimental fish was 3.1°C in the red muscle, and 1.7°C in the white muscle, and excess brain temperature was 1.3°C. Gastric evacuation time was studied in six fish which were force fed with squid, and flyingfish. The total gastric evacuation time was about 5 hours for squid and 6 hours for flyingfish.

## TUNA-DOLPHIN INVESTIGATION

The tuna-dolphin investigation was established as a result of an initiative at the 33rd meeting of the Commission, held in Managua, Nicaragua, in 1976. Functions of the program were outlined at the 34th meeting of the Commission, held in San Diego in 1977. Funding was received in late 1978 and full operation began in 1979. The objectives of the investigation are the maintenance of high levels of tuna catch, while attempting to reduce dolphin mortality and ensuring the survival of all dolphin stocks involved in the fishery. Catching tuna associated with dolphins is an important part of the fishery, with approximately half of the total annual tonnage of yellowfin tuna being taken by this method in recent years (Table 16).

### *Data collection*

Training sessions were held in Panama and the U.S.A. in 1982 to instruct scientific technicians in the identification of the major species of marine mammals encountered in the eastern Pacific tuna fishery, school-size estimation, identification of dolphin behavior, purse-seine gear and fishing operations, data-collection methods, and shipboard etiquette.

As in previous years, the methods used in sampling the international purse-seiner fleet for 1982 involved arbitrarily dividing the calendar year into three intervals. Allocation of the number of trips by the flag vessels of participating nations to the intervals was accomplished by using a design which should provide a representative sample and which should minimize the variance of the estimate of the total mortality of dolphins. The participating fleets included the member nations Panama and the United States (Canada, France, Nicaragua, and Japan were not included, since these nations did not have purse-seine vessels operating in the eastern Pacific surface fishery capable of fishing for tunas associated with dolphins in 1982) and the non-member nations Cayman Islands, Costa Rica, El Salvador, and Venezuela. The Cayman Islands and El Salvador indicated their desire to support and participate in the program during 1982. One trip was subsequently scheduled for a Cayman Islands flag seiner and one was tentatively allocated for an El Salvador vessel, both for Interval III.

Shown below are the numbers of trips allocated and the numbers actually sampled in 1982, by nation, including an arbitrary allocation of trips for Mexico. This allocation for Mexico was made, as in past years, in anticipation of an agreement between the Commission and Mexico which would have allowed Mexico's vessels to be sampled.

Many factors contributed to the difference between the number of trips planned and the number sampled. These included delays in the finalization of an agreement with Mexico, internal difficulties experienced by participating nations, vessels selected for sampling fishing in areas other than the eastern Pacific

or not fishing at all, and delays in selected vessel departures due to extended unloading times.

Trips allocated in 1982				
	Interval I	Interval II	Interval III	Total
Cayman Islands	0	0	1	1
Costa Rica	0	1	1	2
El Salvador	0	0	1	1
Mexico	3	3	4	10
Panama	2	3	2	7
U.S.A.	20	16	20	56
Venezuela	1	1	1	3
Total	26	24	30	80

Trips sampled in 1982				
	Interval I	Interval II	Interval III	Total
Cayman Islands	0	0	1	1
Costa Rica	0	0	0	0
El Salvador	0	0	0	0
Mexico	0	0	0	0
Panama	2	1	2	5
U.S.A.	21	12	7	40
Venezuela	1	0	1	2
Total	24	13	11	48

### *Observed dolphin mortality for 1982*

A total of 48 fishing trips by the international fleet was sampled in 1982. The 1982 data from these trips and 6 trips which carried over from the 1981 sample have been edited. The sampled vessels made a total of 1,197 sets on tuna associated with dolphins, catching 12,547 tons of tuna. Listed below is the observed mortality of dolphins by species/stock for the 54 sampled trips. The raw data from one 1982 cruise were lost; the total mortality statistics for this cruise were obtained verbally from the scientific technician.

Offshore spotted dolphin	2,996
Unidentified spotted dolphin	63
Eastern spinner dolphin	283
Whitebelly spinner dolphin	981

Unidentified spinner dolphin	16
Common dolphin	115
Striped dolphin	22
Other identified dolphins	43
Unidentified dolphins	81
Total	4,600

### *Estimated total dolphin mortality*

#### *1979-1981*

Each year, the staff of the Commission calculates estimates of total annual dolphin mortality incidental to purse-seining operations. During 1982, a fuller analysis was done on the data collected during 1979 through 1981.

The data were collected aboard tuna purse seiners by scientific technicians from the Tuna Commission and the U.S. National Marine Fisheries Service (NMFS). The data include, for each set on tunas associated with dolphins (dolphin set), the tonnage of tunas brought aboard and the observed number of dolphins known to have been killed, by species. Injured animals, which may have died later, were not included, nor were a small number of animals killed in sets made on tunas not associated with dolphins.

All the dolphin sets in each trip were treated as a cluster sample under the assumption that the variation in kill rates within trips is less than the variation between trips. Total kill was estimated using a ratio estimator for the sampled trips multiplied by independent data for the entire fleet. In this analysis, mortality was estimated using kill-per-set and kill-per-ton estimators, as described in the Commission's annual report for 1981 (pp 61-62).

Table 17 shows the countries whose registered vessels fished for tunas associated with dolphins according to Commission records and the number of trips sampled by the Commission and the NMFS in 1979-1981. Table 18 shows the total number of dolphin sets, the total tons of tunas caught in dolphin sets and the total numbers of trips on which dolphin sets were made for the U.S. and non-U.S. fleets. These data were calculated from Commission records, which cover a high (and known) proportion of the international fleet. Table 19 shows a summary of the data collected at sea, including number of trips, number of sets, tons of tuna caught, and the observed dolphin mortality by species for the U.S. and non-U.S. fleets.

In these analyses, the mortality data were stratified into those collected aboard U. S. and non-U.S. vessels. This was because of differences in sampling intensity (Table 18) and the possibility that the rates of mortality differed. For comparison, estimates were also made using the unstratified data. The data were also stratified by species and stocks because of differences in the rates of mortality among those species and stocks involved in tuna purse-seining operations (Table 19).

The mortality data are skewed, so that confidence intervals based on normal distributions may not be accurate. A Monte Carlo simulation study was carried out to obtain an estimate of the true sampling distribution of the mortality estimates, using both the kill-per-set and kill-per-ton estimators. The number of trips in the population and in the sample was chosen to mimic the proportions of trips sampled from the U.S. and the non-U.S. fleets. Samples were randomly selected 10,000 times in order to obtain sampling distributions of mortality estimates for offshore spotted dolphins and common dolphins. The average standard errors of the 10,000 mortality estimates were then compared to the standard errors of the sampling distributions to obtain estimates of expected bias. Empirical 95% confidence intervals were also constructed from the sampling distributions.

Table 20 presents estimates of mortality, with standard errors in parentheses, for 1979, 1980, 1981, and the three years combined, calculated using the kill-per-set estimator. Estimates are given for the U.S. fleet, the non-U.S. fleet, the U.S. and non-U.S. strata combined, and the unstratified data for each species or stock grouping of dolphins. Table 21 shows these estimates calculated using the kill-per-ton estimator.

The kill-per-set and kill-per-ton estimators give results which do not differ at the 95% level of significance, assuming that the estimates are normally distributed. For the U. S. fleet, the estimates of mortality are similar each year. The kill-per-ton estimator produces estimates with a slightly smaller coefficient of variation in most cases. For the non-U.S. fleet, the difference between the results for the two estimators is more apparent, but is not significant because of the large standard errors. The estimator producing the smallest coefficient of variation varies with year and species grouping.

Mortality inflicted by the U.S. fleet between 1979 and 1981 appears to have remained relatively constant at a level of about 16,000-19,000 dolphins each year. Over half of these animals were offshore spotted dolphins. There are no significant differences among years for all dolphins combined, but there are differences among the species groupings, especially for common dolphins, where all three years are different from each other. Changes in non-U.S. inflicted mortality among years are harder to determine because the estimates are so imprecise. However, the results do indicate that total mortality was significantly higher overall in 1980 than in 1979, for the non-U.S. fleet. Mortalities estimated from the unstratified data are similar to the stratified estimates in 1979, but much lower in 1980 and 1981.

Table 22 shows the results of the Monte Carlo simulations using the kill-per-set and kill-per-ton estimators. The results are similar for both estimators, with a tendency for the bias in average estimated standard error to be slightly larger for kill-per-ton and the empirical 95% confidence intervals slightly wider for kill-per-set. For the simulations mimicking the large U.S. sample, bias is negligible



and 95% confidence intervals are very close to  $\pm 2$  standard errors. For those mimicking the small non-U.S. sample, bias is mostly within 90% of the population standard error for kill-per-set and within 80% for kill-per-ton. The 95% confidence intervals are still close to 4 standard errors for offshore spotted dolphins, but are larger for common dolphins where there is no lower bound because a large percentage of the estimates are zero. However, they are asymmetrical with the upper bound being further from the mean than the lower bound for both species groupings.

The results presented above clearly indicate that while estimates of mortality inflicted by the U.S. fleet are of satisfactory precision, those for the non-U.S. fleet have confidence intervals which are mostly too large to be of practical use. At present intensities of sampling it is not possible to determine reliably whether or not there are differences in mortality inflicted by the U.S. and non-U.S. fleets sufficient to warrant stratifying the data in this respect.

If it is assumed that there are no differences between the mortalities inflicted by the U.S. and the non-U.S. fleets, so that estimates are made using the unstratified data, overall precision is acceptable. Coefficients of variation calculated from the unstratified estimates range from 10–13% for total annual mortality, depending upon year and estimator. These increase to 14–17% for offshore spotted dolphins, 19–30% for eastern spinner dolphins, 18–39% for whitebelly spinner dolphins, and 29–44% for common dolphins.

If the data are stratified, differences in precision between the U.S. and non-U.S. fleets are considerable. For the U.S. fleet, coefficients of variation for total annual dolphin mortality range from 7–10%, depending upon year and estimator. These increase to 9–13% for offshore spotted dolphins, 11–21% for eastern spinner dolphins, 13–28% for whitebelly spinner dolphins, and 21–25% for common dolphins. For the non-U.S. fleet, coefficients of variation fall below 50% in only a few cases and standard errors are larger than the estimates themselves in several cases. Only for offshore spotted dolphins and all dolphins combined in 1980 do coefficients of variation fall as low as 25%.

This situation will remain unchanged until the Commission is able to sample a larger proportion of trips from the non-U.S. fleets. The 8, 8, and 4 trips sampled in 1979, 1980, and 1981, respectively, are not enough to give precise estimates of mortality. Neither were these trips a representative sample of the different non-U.S. fleets operating in the eastern Pacific purse-seine fishery for tunas. Substantial improvements in the precision of non-U.S. mortality estimates can be made only if more countries participate in the Commission's data collection program.

## **1982**

The estimates of total dolphin mortality for 1982 were made using the same techniques as for the 1979–1981 data described above. Table 23 shows the

estimates of mortality by species calculated using both the kill-per-set and the kill-per-ton estimators. Estimates are given for the U.S. fleet, the non-U.S. fleet, the U.S. and non-U.S. strata combined, and the unstratified data.

The results for 1982 show that there are no significant differences in estimates of mortality between the kill-per-set and the kill-per-ton estimators for any species grouping. The kill-per-ton estimator gives a smaller coefficient of variation for the U.S. and the unstratified estimates. For the U. S. estimates the coefficients of variation are 11% for offshore spotted dolphins, 32% for eastern spinner dolphins, 18% for whitebelly spinner dolphins, 38% for common dolphins and 8% for total mortality. For the unstratified estimates they are 12%, 36%, 21%, 42% and 10% respectively. The kill-per-set estimator gives a smaller coefficient of variation for the non-U.S. estimates but only for total mortality is it less than 50%.

The estimate of total annual mortality for the U. S. fleet in 1979-1981 has been quite constant at between 16,000-19,000 regardless of which estimator was used. For 1982, the estimate is approximately 28,000 using kill-per-ton and 23,000 using kill-per-set. The estimate of total annual mortality in 1982 for the non-U.S. fleet is down to approximately 5,000, the same low level as in 1979 following two years of much higher estimates. This fluctuation in estimates of non-U.S. mortality is probably largely a function of the small sample available for analysis rather than reflecting actual changes in annual mortality. Research by the Commission staff is underway on a multi-variate model that will try to account for as much variation in the data as possible in making estimates of mortality.

### *Estimates of dolphin abundance*

One of the components of assessing the status of a stock of dolphins is to search for evidence of trends in estimates of population abundance over a period of time. Scientific technicians aboard tuna seiners collect data which can be used to calculate such estimates of abundance using the technique of line transect sampling. The details of this technique and the biases incurred by violating the assumptions of the method have been described in the Commission's annual reports for 1979 (pp 53-56) and 1980 (pp 43-48). The annual report for 1981 outlines an analysis for eastern spinner dolphins based on stock boundaries. During the past year this work was continued and expanded to include spotted dolphins. These analyses included an attempt to minimize the error from the grouped measurement of sighting distances and angles and further examination of stratification for non-random searching patterns. They are described in detail in a paper to be published during 1983 in the 33rd Report of the International Whaling Commission.

The analyses are based on data collected from the international fleet by Commission technicians during 1980-1981 and data collected by NMFS technicians

aboard U.S. seiners during 1977-1981 which were made available to the Commission by that organization. The data are quite extensive (Table 24) and relatively inexpensive to obtain in comparison to surveys made on research vessels or aircraft. However, as these analyses will show, the problems which remain make it difficult to draw conclusions about trends in abundance. A long time series of estimates may be required before firm conclusions can be made.

The basic data in the analyses are the distance traveled while searching for schools, the distance at which each school was sighted (sighting distance) and its bearing from the vessel heading, and the size and species composition of the school. With the exception of the distance search (line length), these data are incomplete or highly variable. The sighting distance and angle are measured in approximately  $\frac{1}{2}$  to 1 nautical mile (nm) intervals and  $5^{\circ}$ - $10^{\circ}$  intervals, respectively. The estimates of school size are questionable because this is a difficult task. The training of observers has been instituted to try to improve school size estimates, but this has very likely created a trend in school size estimates which is confounded with any true changes. The species composition of the school is often undetermined and many schools are classified as unidentified dolphins (Table 25). In addition, a school may be identified to a particular species but not to stock (*e.g.*, eastern versus whitebelly spinner).

A technique, which will be referred to as "smearing," has been developed to reduce the error associated with the rounding of sighting distance and angles. A similar technique has been used for minke whale sightings data in the southern hemisphere. The distances and angles have been treated as exact measurements and have been used to calculate perpendicular distances in the original analysis attempts. However, this has proved erroneous and highly variable because an angle recorded as  $0^{\circ}$  could be as great as  $5^{\circ}$  or  $10^{\circ}$ , which for a sighting distance of 6 nm corresponds to a perpendicular distance from 0 to  $\frac{1}{2}$  or 1 nm. The technique of smearing assigns the sightings to an interval of perpendicular distance based on the interval for its sighting distance and angle. This would be an easy task if each interval of sighting distance and angle fell within an interval of perpendicular distance. However, many intervals of sighting distance and angle overlap two or more intervals of perpendicular distance, and this is where the concept of smearing is involved. Sightings are assigned to the various intervals of perpendicular distance on the basis of the proportion of the sighting distance-angle interval which overlaps each perpendicular distance interval. Clearly, the amount of smearing depends on the size of the intervals of perpendicular distance and the choice of the sighting distance-angle intervals. Research is in progress to try to determine an objective way of selecting the "best" intervals. For these analyses, perpendicular distances were grouped in 0.5 nm intervals and sighting angle in the following intervals:  $0-7.5^{\circ}$ ,  $7.5-17.5^{\circ}$ ,  $17.5-27.5^{\circ}$ ,  $27.5-37.5^{\circ}$ ,  $37.5-52.5^{\circ}$ ,  $52.5-65^{\circ}$ ,  $65-77.5^{\circ}$ , and  $77.5-90^{\circ}$ . The intervals for sighting distance are shown in Table 26 with, as an example, the proportions of sightings falling into each perpendicular distance for angles recorded in the interval  $0-7.5^{\circ}$  and the number of spotted dolphin sightings within the sighting

distance-angle intervals for 1977-1981. Most of the angles in the 0-7.5° interval are recorded as 0°, which means that the perpendicular distance would be calculated as zero if the data were not smeared. As an example, the histograms of perpendicular distances before and after smearing are illustrated in Figure 25 for spotted dolphin sightings from 1977. The smeared distribution is considered to be more realistic than the unsmeared one.

In addition, in an attempt to reduce the bias, the species composition estimated by the crew was used whenever the technician classified a sighting as unidentified. Even using this information, the percent of unidentified sightings within ½ nm of perpendicular distance ranges from 23-32%. Without the information from the crew the range is from 33-39% (Table 25). In making estimates of absolute abundance this bias would have to be corrected by scaling up the estimates. This could be done only by making assumptions about the percentages of each species in the unidentified category, which would be difficult because fishermen are likely to identify spotted and spinner dolphins more often because of their association with tunas. For examining trends in the estimates of abundance it is necessary to consider only the range of the percent unidentified, which is 9% for the years analyzed.

Two of the analyses which were done will be presented here. In both analyses a Fourier series was used to estimate  $f(o)$  (defined on p.54 of the Commission's annual report for 1979) and the perpendicular distance data were truncated at 7.0 nm. Estimates of density of schools and the mean school size from technician estimates were calculated for each stock within each area. The estimate for a stock for all areas combined was calculated by weighting each estimate by the size of the area, so that

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n A_i D_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

where  $A_i$  is the size of each area,  $D_i$  is the density in the area, and  $n$  is the number of areas.

The first analysis was a coarse stratification based upon stock boundaries. For spotted dolphins, estimates were made for sightings identified as the offshore stock and those not identified to stock, and these were divided into northern and southern areas (Figure 26a). For spinner dolphins, estimates were made for the areas shown in Figure 26b. For each area, estimates were made for (i) all spinner dolphins in the area and (ii) only those spinner dolphins identified to stock (eastern or whitebelly) in the area. There is little information upon which to base a proration of spinner dolphins unidentified to stock, and the problem is circumvented here by presenting two estimates for each stock in each relevant area.

The estimates for each stock might then be expected to lie between the two extreme estimates. Estimates for the eastern spinner were calculated by combining results from areas 1 and 2, for the northern whitebelly spinner by combining results from areas 2 and 3, and for all whitebelly spinner dolphins by combining results from areas 2, 3, and 4.

The second analysis used a method of stratification based upon the predominant mode of fishing and the intensity of searching effort. This was done because there was a marked difference in the distribution of perpendicular distances between data collected in areas where fishing has been predominantly for tunas associated with dolphins and for tunas not associated with dolphins and because searching effort is not evenly distributed over the study area. Stratifying in this way reduces the bias in overall estimates of density of schools caused by any non-random searching by the fleet. The strata were constructed as follows. The study area was divided into  $5^{\circ} \times 5^{\circ}$  areas and each of these was classified by the type of fishing predominating in it for each year by using data from Commission records. The  $5^{\circ} \times 5^{\circ}$  areas were then combined into strata for each year reflecting regions where fishing was predominantly for tunas associated with dolphins or for tunas not associated with dolphins or where neither mode predominated. These strata were then subdivided into areas of different searching intensity based on the data shown in Figure 27. Figure 28 shows the strata used for each year. Estimates of density of schools and mean school size were made for offshore spotted, eastern spinner, and whitebelly spinner dolphins for each stratum. Unidentified spotted dolphins were treated as offshore spotted and unidentified spinner dolphins were ignored due to the problems of proration between the eastern and whitebelly stocks. The estimates for each stratum were combined in the manner described above. Estimates of  $f(o)$  were made only for those areas with a sample of at least 30 sightings. Densities for those areas with fewer than 30 sightings were calculated using the estimated value of  $f(o)$  for the whole study area for the appropriate species and year. The variances for  $f(o)$  for these areas were calculated by scaling the variance of  $f(o)$  with the sample size because it is much smaller than that used to make the estimate.

The results for the analysis of spotted dolphin data stratified into proposed stocks are shown in Table 27 and Figure 29. Estimates of density of schools are two to five times higher in the northern area than the southern area. Estimates of mean school size, however, are consistently higher in the southern area, although not significantly so except in 1979. Estimates of numbers of dolphins are from two to nine times larger in the northern area. The combined estimates of density of schools are similar for all years, with the estimate for 1977 being more in line with the other years than for the unstratified analysis. Estimates of numbers of dolphins are again similar in 1978-1981, but higher in 1977.

The results for the stock stratification of spinner dolphin data are shown in Table 28 and Figure 30 for the eastern, northern whitebelly, southern whitebelly, and all whitebelly spinner. There are two estimates for each year for each stock,

one including sightings identified to stock only and the other including all unidentified spinner sightings also. The estimates for each stock should lie between these two extremes. For the eastern spinner, estimates of the density of schools are similar in 1977–1981. Estimates of numbers of dolphins are more variable among years, but show no consistent trend. For the whitebelly spinner, estimates of the density of schools are more variable than for the eastern spinner, but again show no consistent trend. The estimates of numbers of dolphins, however, do show a trend from high in 1977 and 1978 to low in 1979–1981 for the northern whitebelly spinner, reflecting the trend in mean school size. There is no consistent trend for the southern whitebelly spinner. The overall estimates of number of dolphins for the whitebelly spinner reflect the trend for the larger northern stock.

The results for the analysis based on stratification by fishing type and searching intensity are presented in Tables 29, 30, and 31 for offshore spotted, eastern spinner (identified to stock only), and whitebelly spinner (identified to stock only) dolphins, respectively. Estimates of density of schools and numbers of dolphins are presented for each stratum and for all strata combined. The combined estimates are illustrated for the three stocks in Figures 31–33. For the offshore spotted dolphin, there is no consistent trend in the estimates of density of schools or number of dolphins. For the eastern spinner, estimates of density of schools have remained fairly constant over the five-year period, but a downward trend in number of dolphins is apparent, reflecting the same trend in mean school size. For the whitebelly spinner, there appears to be a downward trend in estimates of density of schools, but only for the estimate for 1980 do the 95% confidence intervals not overlap with other years. Estimates of numbers of dolphins also show a decreasing trend, again a reflection of a similar trend in mean school size.

The percentage of line length and percentage of area in each stratum (Tables 29–31) illustrate that fishermen have concentrated their effort in certain areas. If the percentage of line length is greater than the percentage of area the effort is being concentrated in that stratum. The opposite is true if the percentage of area is greater than the percentage of line length. This would not matter if the density were uniform or independent of the concentrated search. However, the analyses based on stratification by fishing mode and searching intensity seem to imply that effort is being concentrated in areas of higher density (Figure 34), since these estimates are consistently lower than those from the coarser stock boundary stratification. These results are contrary to those presented in the Commission's 1980 annual report for eastern spinner dolphins which did not show that searching was non-random. This was probably due to the stratification scheme which did not create a sufficiently accurate representation of the distribution of effort and density in comparison to the irregularly shaped strata chosen for this analysis.

When comparing the results among years to look for trends in population density or size, it must be assumed that any biases have not changed in magnitude from year to year. One factor which is assumed to remain constant, but which may vary from year to year, is the average probability of sighting a school on the line of search. The effects of weather upon the probability of sighting can be quantified with the available data collected aboard purse seiners, and work is planned to this effect. Another important factor is whether estimated mean school size is representative of the average size of dolphin schools encountered by purse seiners. The apparent declines in mean school size may be a result of the improved training methods of technicians in this respect. Now that all technicians receive the same training in estimation of school size, this effect should no longer contribute to any trend in estimates of mean school size.

### *Aerial photographic study*

During November and December 1980, an aerial survey was conducted off the Pacific coast of Mexico with the basic objective of assessing how useful aerial photography might be in obtaining information on the school size, school structure, and length-frequency distribution of dolphins in that area. Details of the objectives, flights, and photography of this study have been described in the Commission's annual report for 1980 (pp 49-50).

During the last 12 months, work has continued to center on determining and analyzing length-frequency distributions for photographed schools in which it has been possible to determine the lengths of the images of a significant proportion of the dolphins. These images are measured from the photographs with a mono-comparator, an extremely accurate optical measuring device. So far, photographs of 18 schools have been processed in this way. Eleven are of Costa Rican spinner, two of eastern spinner, four of mixed spotted and eastern spinner, and one of common dolphins. The number of images measured thus far is approximately 14,000, and analyses are proceeding with these data before any more photographs are processed. To calculate the actual lengths of each dolphin the equation  $L = iH/f$  is used, where  $L$  is actual length,  $i$  is image length,  $H$  is aircraft altitude, and  $f$  is focal length of the camera lens, so that  $H/f$  is the scale of the photograph.

Using this equation assumes that the photograph was taken with the camera lens parallel to the surface of the ocean. In many cases, however, it was found that the aircraft was slightly tilted so that the image lengths are not accurate representations of the actual lengths of the dolphins. Most of the photographs were subject to tilt because the nose of the aircraft was higher than the tail when the pass over the school was made. This causes the image lengths to be overestimated at the rear of the photograph and underestimated at the front. This angle of tilt, termed "pitch," was not recorded, but can be estimated by comparing the image lengths of a set of individually identified animals which were

photographed in two consecutive frames. The differences in the lengths of these animals caused by their position at the front of the first frame and the rear of the second frame, allows "pitch" to be estimated. All processed schools have been tested and corrected for "pitch," which was usually less than  $10^\circ$  but ranged as high as  $15^\circ$ .

It has also been found that some photographs were taken when one wing of the aircraft was higher than the other. This causes image lengths to be overestimated on one side of the photograph and underestimated on the other. The angle of this tilt, termed "roll," cannot be estimated, but the image lengths can be adjusted so that there is no correlation between position across the photograph and image length for the school as a whole. The data for the schools where "roll" was found to have affected animal lengths are being adjusted accordingly.

The problems involving aircraft tilt in this survey should be eliminated in future surveys. If the angle of tilt ("pitch" and "roll" or overall tilt) can be measured in the air at the time the photographs are taken, there are simple formulae to correct the image lengths depending upon their position on the frame. Alternatively, if overall tilt can be kept to less than approximately  $3^\circ$ , the error in image lengths can be kept to about 1%, which could reasonably be ignored.

Lengths of dolphins measured from aerial photographs are not directly comparable with previously published lengths. Measurements from aerial photographs are from the tip of the rostrum to the posterior edge of the tail fluke, whereas dolphins are typically measured directly from the tip of the rostrum to the notch of the fluke. In addition, animals in aerial photographs are free-swimming, whereas directly measured animals are typically measured lying slumped on a surface and are often dead. Both of these factors will tend to make lengths calculated from aerial photographs larger than direct measurements. However, free-swimming animals may be arched as they leave or enter the water. This will cause some lengths from aerial photographs to be underestimated. Overall, more variation can be expected in lengths from aerial photographs, with the range of lengths being wider than for directly measured lengths.

The length-frequency distributions have been examined to investigate how much information on growth and reproduction may be obtained from them. The most important features of the data are (i) the presence of modes of small lengths indicating pulses in reproduction or calf survival, (ii) how distinct these modes are, indicating how much variability there is in each pulse, (iii) how many modes there are and the inter-modal distances indicating the age groups which the modes may represent, and (iv) the relative size of each mode, indicating the strength of each age-group. Figure 35 shows length-frequency distributions for four schools of Costa Rican spinner dolphins. The large, dominant mode at the right of each distribution represents the adult animals and the smaller, less-distinguishable modes at the left represent the younger age groups.



These smaller modes have been highlighted by using a computer program to separate the data into probable component distributions. Output from the program includes means and standard deviations of the fitted normal distributions and the percentage of the sample accounted for by each distribution. Table 32 gives the means of five fitted normal distributions and the percentage of the sample attributable to each distribution for each of the four schools and for the combined data. Figure 36 shows the length-frequency distribution of the four schools combined and the curve fitted by the program.

The results from these schools are quite consistent in one respect in that the means of the component distributions all occur at approximately the same lengths, indicating that the modes actually represent age-groups at least at the younger end of the spectrum. Little is known of the Costa Rican spinner dolphin, but by comparison with the growth rates of other species and stocks of dolphins, it appears that the smaller modes at the left of the distributions represent seasonal pulses in reproduction at intervals of 6 months.

Unfortunately, the percentage of the sample attributable to each of the fitted distributions does not seem to give a good representation of the number of animals in the youngest age groups. As shown in Table 32, the percentage tends to increase with increasing age. This is acceptable in the fourth and fifth distributions, which certainly represent more than a single age class, but not in the first, second, and, perhaps, third distributions, which should represent single age classes. The most likely explanation is that the images of small animals are more likely than those of large animals to be of insufficient quality to be measured. There is no way to test this with the current data, but visual examination of the photographs indicates that there are often small animals present which cannot be measured. For this reason, the results from analyses of these data cannot be used for making estimates of reproductive rates based on age-structured models. Analyses of eastern spinner and spotted dolphin schools are continuing.

### ***Gear program***

Informal discussions were held with captains of nine vessels which experienced higher than average dolphin mortality during their trips sampled by the Commission during the past year. Solutions to gear-related problems were discussed and, in most cases, only minor adjustments were necessary to correct them. The major causes of mortality were the dolphin safety panel being out of alignment, sundown sets (sets where backdown occurs at dusk or in complete darkness), and sets made in infrequently fished areas on schools with a large proportion of spinner dolphins which exhibited unpredictable behavior.

As a service to captains of non-U.S. flag vessels that carried Commission technicians during the past year, the staff has provided them with cumulative dolphin mortality data for all trips sampled by the Commission during the year as well as data for their individual trips. This has allowed them to compare the

results of their trips with the performance of the rest of the international fleet. Captains of U.S. vessels are provided with similar information by the U.S. tuna industry's Porpoise Rescue Foundation.

The staff accompanied three vessels, two U.S. and one Panamanian flag, on local sea trials during the year to align their dolphin safety panels for proper backdowns. On one of the sea trials, the vessel was using a net constructed with a new hyperester material that is claimed by the manufacturer to be stronger, denser, and to fish deeper than a nylon net. This vessel was also testing a new method of attaching the small mesh dolphin safety panel to the corkline, which could result in more efficient, problem-free backdowns.

Purse seiners in port in San Diego were visited frequently throughout the year and discussions were held with captains and crew concerning dolphin release gear and procedures, gear problems, dolphin mortality rates, and Commission projects. Literature on the reduction of dolphin mortality was distributed, especially to vessels with Spanish-speaking crews. In addition, 21 copies of the film "Tuna Purse Seining and Porpoise Safety" with Spanish narrative were distributed during the year. This brings the number of vessels which have been given this version of the film by the Commission to 44. Late in the year the Commission prepared and distributed a tuna-dolphin newsletter to vessels of the international fleet. The newsletter focused on dolphin mortality trends, but also gave news of general interest to fishermen. The staff plans to distribute similar newsletters in the future.

The breakdown of the use of dolphin safety panels by the 180 size class-4, -5, and -6 tuna purse seiners of the international fleet which are equipped to fish for tunas associated with dolphins and have fished in the eastern Pacific Ocean in 1982 is as follows:

Equipped with superapron and fine mesh safety panel (all 1¼ inch mesh)	106
Equipped with fine mesh safety panel only	
1¼ inch mesh	54
1½ inch mesh	1
Equipped with 2 inch mesh Medina Panel	5
Not equipped with any dolphin safety panel	12
Unknown gear	2
Total	180

Some of the vessels not equipped with a dolphin safety panel are vessels which fish mainly in the western Pacific, but made sets in the eastern Pacific, although not necessarily on tuna associated with dolphin schools.

Additional tests were conducted with the experimental "backdown board" (see Commission's annual report for 1981), designed to prevent the backdown channel from collapsing during backdown. The tests showed that the board was too small to influence the shape of the backdown channel. Figure 37 shows the desired effect, using the board on the net and the actual effect on the net during testing. A larger device may produce the desired results, but it would be too large and cumbersome to be practical. Although the board had no effect in keeping the channel open, the towline running from the vessel to the board to the corkline did prevent the channel from narrowing.

Testing of a floodlight for use when backing down at night began last year by several vessels, and the experiment was expanded in 1982 to allow more vessels to test the light. The Commission has obtained six commercially-made 1000-watt sodium vapor floodlights, and has been loaning them to vessels carrying Commission sea-going technicians to use during sundown set backdowns. Commission data for 1981 showed that sundown sets, that is, sets during which the sun set prior to the end of the backdown procedure, accounted for 11.4% of all observed dolphin sets during the year, but accounted for 33.2% of the total observed dolphin mortality. In addition, an average of 5.4 live animals were left in the net after sundown set backdowns compared to 2.1 live animals left in the net after non-sundown set backdowns. This may be because of the reduced lighting available to the vessel operator and crewmen rescuing dolphins at night.

During 1982, 15 vessels were loaned a floodlight for one trip. Of these vessels, eight had an opportunity to use the light during one or more sundown sets, and the captains of these vessels all believed that the increased illumination provided by the light was beneficial. Many expressed interest in obtaining floodlights for their vessels. The experiment will be continued in 1983 and when sufficient data for sets in which the floodlight was used are accumulated an analysis will be made to determine whether or not the use of the floodlights during sundown sets has an effect on the mortality of dolphins.

## OCEANOGRAPHY AND TUNA ECOLOGY

### Skipjack larvae and temperature

The data for skipjack larvae and sea-surface temperature first examined during 1970 and 1971 have been re-examined and re-analyzed. Because of the extremely skewed distribution of the number of skipjack larvae per tow, with most of the tows having zero, or one, or two larvae, and a few having large numbers of larvae, it was believed that the arithmetic mean was not a good measure of cen-

tral tendency. Instead, the percent of tows with one or more larvae (percent positive tows) at each interval of 1 °C was calculated in order to minimize the effect of occasional large numbers. Recent investigations at NMFS Southwest Fisheries Center, La Jolla, indicate that the arithmetic mean is, nevertheless, the best estimate of population abundance if the sample size is large enough relative to the variance. Variances had not been calculated in the original calculations so that minimal sample sizes have not yet been estimated.

Because the metabolic rate for most fish larvae at these temperatures approximately doubles ( $Q_{10} = 2.2$ ) for each 10 °C increase, the larvae grow through the larval stages faster at higher temperatures and slower at lower temperatures, so there are fewer caught at high temperatures and more caught at lower temperatures than would be at average temperatures. An adjustment was made for this effect, but the results are negligible compared to the magnitude of the observed changes in larval concentration with sea surface temperature (SST). Relative to concentrations at 27 °C the adjustment decreased values at 25 °C by 15% and increased values at 29 °C by 18%. All mean values of larval skipjack concentration were adjusted for the metabolic effect before plots and calculations were made. Plots of the logarithm ( $\log_{10}$ ) of the adjusted mean number of larvae ( $\bar{x}$  per tow,  $\bar{x}$  per 10 m<sup>2</sup> of sea surface, or  $\bar{x}$  per 1000 m<sup>3</sup> of water strained) from groups of cruises with relatively large numbers of tows appeared to show a linear increase (equivalent to an exponential increase of the mean number) with SST's up to 28 or 29 °C, and then to decrease. Weighted linear regressions of  $\log_{10} \bar{x}$  and SST's in the ascending portions of the curve were calculated for each group of cruises. The lowest SST interval used in each regression was that with a minimum of 15 net tows with  $\bar{x} > 0$ ; the highest was that with the maximum  $\bar{x}$ . The results are shown in Table 33. In the Pacific the  $\bar{x}$ 's appeared to peak at 29 °C, while in the Atlantic  $\bar{x}$ 's appeared to peak at 28 °C, but the differences probably are not significant. Correlation coefficients are high (0.923 to 0.992). Data from a cruise of the *Spencer F. Baird* in the Philippines showed  $\bar{x}$  to peak at 29 °C, but the correlation coefficient was not significant so the slope was not calculated. The best groups of data are those of the *Shunyo Maru* in the western Pacific, because of the large number of tows of the same type. For subsurface horizontal tows at 20–30 m the slope of  $\log_{10} \bar{x}$  is 0.347, equivalent to an increase by a factor of 2.22 ( $10^{0.347}$ ) for each 1 °C increase in SST; values for surface tows are similar. Values for other groups of cruises with less data do not differ markedly. The weighted average of all groups combined, with 3,101 tows (excluding the Philippine data), yields a slope of 0.312 and a factor of 2.05 ( $10^{0.312}$ ). So it appears from these data that the mean concentration of skipjack larvae approximately doubles with each 1 °C SST from 24 to 28 or 29 °C, then decreases. It is not known whether this effect is caused by changes in the amount of spawning, changes in mortality, or a combination of both, but spawning is believed to be more likely than mortality.

In the central tropical Pacific, where the population(s) of skipjack fished in the eastern Pacific are believed to spawn, the mean annual range of SST's has

been about 2 °C, meaning that in a very warm year (about 28.4 °C) approximately four times as many larvae may be expected as in a very cold year (about 26.4 °C). However, there is no significant correlation between catch rates of age 1+ skipjack in the eastern Pacific and SST's in the central Pacific 1½ years earlier at the presumed time of spawning (Spearman's rank correlation coefficient,  $r_s = 0.40$ ), but there is a high correlation ( $r_s = -0.85$ ,  $P < 0.001$ ) with the wind-mixing index ( $W^3 = \text{knot}^3$ ) for the same area. It appears that the effect of the wind on the layering and dispersal of food organisms available to larval skipjack and their consequent survival, may overwhelm the effect of temperature on spawning or survival at sea. This is still speculation, however, as the layering and dispersal of organisms in the central tropical Pacific in relation to larval skipjack mortalities has not been investigated by actual measurements at sea.

### *Sea-surface temperature in the skipjack fishing areas*

Sea-surface temperatures (SST's) in the 22 selected 5° areas of the eastern Pacific where skipjack traditionally has been fished have been compiled, and mean monthly values for each area have been computed for 1961-1981.

The ranks of the annual catch rates in numbers of age 1+ (12-24 months) skipjack were tested for correlation with the ranks of the mean annual SST's for the 22 areas combined, but the coefficient of correlation for ranks,  $r_s$ , was not significant at the 5% level. Larger skipjack are believed to be stressed by higher temperatures, but  $r_s$  was not significant for age 2+ (>24 months) skipjack and SST's.

The catch rate of age 1+ skipjack during the first three quarters of each year has been used as an estimate of the relative abundance of the incoming year class recruited to the fishery. This catch rate was highly correlated with the wind-mixing index ( $W^3$ ) in the spawning areas of the central tropical Pacific about 1½ years earlier during a 12-month period when the year class is presumed to have been spawned. For the 1961-1981 period  $r_s$  was  $-0.85$  ( $p < 0.001$ ), meaning that 72% ( $r_s^2$ ) of the variation in the ranks of the catch rate may be attributed to the ranks of  $W^3$ . To see whether the deviations from the regression line of ranks could be explained by changes in SST in the fishing areas at the time of fishing, the ranks of the deviations (observed rank minus expected rank) were tested against the ranks of SST in the first three quarters, but  $r_s$  was not significant.

Thus it appears that SST's in the fishing areas do not have any effect on catch rates of skipjack in the eastern Pacific.

### *Vulnerability of tunas to purse seining in relation to ocean environment*

The Commission maintains a continuing program to examine various ocean environmental factors which may have an effect on the distribution and catch of

tropical tunas in the eastern Pacific. In the Commission's annual reports for 1980 and 1981 statistical analyses were presented which tested the vulnerability of yellowfin to purse seining. A hypothesis evolved from earlier studies which postulated that yellowfin in schools and not associated with dolphins may have been most vulnerable to capture when the thermocline was strong and near the surface. In those reports detailed descriptions of the vertical temperature and thermocline structure in the Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA) were presented together with the oceanographic data used to support the study. In addition, the 1980 and 1981 annual reports described the yellowfin catch rate data in terms of catch in tons per hour of searching time. The Commission considers this method of catch rate representation one of the more useful parameters of fishing success.

The upper mixed layer of the eastern Pacific Ocean is characterized by uniform temperatures and high oxygen content from the surface down to the thermocline. In the thermocline temperatures and oxygen decrease rapidly with depth. Temperatures decrease from about 23°C in the upper part to 15°C in the lower part of the thermocline. The 23°C isotherm lies in the upper mid-range of the yellowfin habitat and the 15°C isotherm is near the lower tolerance limit for yellowfin. Within the CYRA and east of 95°W the depth of the thermocline and vertical temperature structure are quite uniform during the fishing seasons from the coast of Mexico and Central America to the equator. However, west of 95°W in the CYRA there are usually larger variations in the thermocline depth and vertical temperature structure because of greater seasonal variations in surface wind mixing and water masses in the mixed layer.

In the Commission's 1981 annual report discriminant analysis was described as a procedure used to determine if the depths of the 23°C and 15°C isotherms could distinguish or discriminate between large and small yellowfin catch rates within the CYRA. The report concluded that from several environmental parameters used in the analysis the 23°C isotherm depth and the vertical depth gradient were the best discriminators of small catch rates (<1.1 tons) and for large catch rates (>2.7 tons) per hour of searching. The vertical depth gradient (thermocline gradient) in that study was defined as the difference in depth between the 15°C and 23°C isotherms. The study revealed also that wherever fish were being captured within the CYRA the large catch rates of yellowfin in schools were most closely associated with strong, shallow thermoclines where the 23°C and 15°C isotherms were near the surface and not greatly separated in depth. In 551 cases examined where yellowfin were associated with dolphins, the thermocline gradient was the only statistically significant discriminator. In those cases the depth of the 23°C isotherm was not a useful parameter to distinguish between large and small catch rates.

The earlier studies reported in 1980-1981 considered yellowfin catches as a single group within the CYRA between the equator and 20°N. However, within the CYRA the average depth of the mixed layer varies only 15 meters in depth

east of 95°W and north of 5°N; but it varies 25–35 meters in depth west of 95°W between 5°N and 20°N. Consequently, the depths of the 23°C and 15°C isotherms show similar variations east and west of 95°W and also throughout the fishing season. The larger variations in vertical temperature structure west of 95°W are due primarily to stronger surface winds and more southward advection of subtropical water mass from the extension of the California Current.

In order to determine the effects on the statistical analyses due to variation in the depths of the 23°C and 15°C isotherms west of 95°W, the yellowfin catch rates and associated environmental data were divided into a group east and a group west of 95°W. Each group was divided again into small yellowfin catch rates (<2.0 tons) and large yellowfin catch rates ( $\geq 2.0$  tons per hour searched). The two subgroups of each east and west group were subjected to discriminant analyses as described in the Commission's 1981 annual report. Similar statistical and subdividing procedures were carried out with small and large catch rates of yellowfin associated with dolphins and also with skipjack. Many skipjack sets consisted of sets where there was a mixture of yellowfin and skipjack in schools, but skipjack was reported as the more abundant species. Sea-surface temperature, depths of the 23°C and 15°C isotherms, thermocline gradient, and surface wind speed constituted the environmental parameters used as discriminators in the analyses. Using equations generated by the discriminant analyses and based on the best discriminator(s), all cases were reclassified into either small or large catch rates as defined above. Reclassification of catch rates provided the test which revealed the degree of association of one or more environmental discriminators with the catch rates.

Table 34 gives the results of the analyses in which the three major groups were divided in the cases east and west of 95°W. The average percentages of cases correctly reclassified into both small and large catch rate subgroups are given. There were only small differences between percentages correctly reclassified for individual subgroups and the percentages shown in Table 34. The results of the analysis for yellowfin in schools were similar to those reported in the Commission's 1981 annual report, in that the depth of the 23°C isotherm and the thermocline gradient were the only significant discriminators. However, yellowfin in schools east of 95°W may have been most vulnerable to capture, as indicated by 89% of the cases which were correctly reclassified [upper part of Table 34]. The differences east and west of 95°W in apparent vulnerability of yellowfin to capture were probably due, in part, to the higher frequencies of strong, shallow thermoclines in those eastern parts of the CYRA where forage tended to aggregate more than west of 95°W. The cases of yellowfin associated with dolphins (Table 34, center) revealed there was a significant association of high catch rates with a strong thermocline gradient, especially in the eastern part of the CYRA. Only the thermocline gradient was a significant discriminator in these cases. Yellowfin with dolphins have been found more frequently in off-shore areas of the CYRA where the depth of the 23°C isotherm was constant during the unregulated fishing season. Periodic fluctuations in the strength of gra-

dient of the thermocline seemed to be the largest factor relating to small or large catch rates. In contrast to yellowfin catch rates, those for skipjack were not explained very well by any one or all of the environmental parameters (Table 34, bottom). However, the surface parameters of temperature and wind speed were the best discriminators, especially west of 95°W. These results suggest that skipjack were more vulnerable to capture when sea state conditions were more conducive to surface feeding in schools and when schools were more easily sighted by fishermen. The sub-surface temperature structure was not a significant factor in the skipjack cases studied.

For each fishing season studied there have been many areas in the CYRA with strong, shallow thermoclines, but in such areas with considerable fishing effort, catches remained small or absent. Vertical temperature and oxygen distributions conducive to holding tunas near the surface may be necessary conditions but they are not sufficient conditions to hold tunas in those areas unless forage is available to attract the fish. It seems plausible that where tuna forage is plentiful in the CYRA the vertical temperature structure often reflects a shallow, strong thermocline.

#### *Development of El Niño conditions in 1982*

The Commission has been closely monitoring sea-surface temperatures (SST) in the eastern Pacific for more than 20 years as part of its fishery assessment and evaluation programs. During this period five significant El Niño periods lasting more than 6 months have developed. The El Niño of the eastern Pacific has been characterized by abnormal warming of the ocean surface, initially along the equator and in the tropical southern hemisphere between 85°W and 140°W. During the southern fall SST's usually increased rapidly until more than 2°C above normal by mid-winter. Simultaneously the warm water spread poleward and eastward to the coasts of the Americas. These conditions usually developed rapidly after June of El Niño years in conjunction with or as a result of abnormal changes in the circulations of the ocean and atmosphere. As warm waters advanced to the coastal regions of Peru and Ecuador, the ocean environment underwent dramatic changes, and the distribution of forage and coastal fisheries changed also.

The SST's and anomaly patterns leading up to and during the El Niño's of 1965, 1969, 1972, and 1976 were closely monitored. During the major El Niño of 1972-1973 very warm water (2° to 4°C above normal) spread rapidly westward early in 1972 along the equator and poleward from the coastal region off Ecuador and northern Peru. This was the most extensive period of tropical ocean warming since the devastating El Niño of 1957-58. One of the most significant events associated with the warm water (more than 3°C above normal) intrusion into the west coast of Peru and Ecuador was the catastrophic change in the anchovy fishery which occurred after mid-1972.



During July 1982 in the eastern Pacific, SST's began to increase more than 1°C above normal over a large part of the equatorial region and in the southern hemisphere west of Peru. Although SST's in the tropics south of the equator had been slightly above normal on the average for several years, no significant El Niño type conditions had occurred along the coast of South America since 1976. After September 1982 SST's began to increase much more rapidly than normal over the eastern Pacific south of 10°N and along the coasts of Peru and Ecuador. North of a line at 10°N SST's were only slightly above normal on the average. As early as July along the northern coast of Peru, Talara (4.5°S) and Paita (5.1°S) experienced SST's 1° to 2°C above normal. During this southern mid-winter period coastal stations from Chimbote (9.1°S) to San Juan (15.4°S) and at Manta, Ecuador (0.5°S) recorded SST's only slightly above normal. However, from October through December 1982 all coastal stations from the equator to 15°S recorded SST's which were 1° to 6°C above normal. Figure 38 reflects the rapid increase in SST anomalies (temperature departures from normal) after September 1982 at coastal stations from Ecuador to southern Peru. Figure 39 depicts how extensive the warm water conditions had become by November over the eastern tropical Pacific Ocean. The large positive SST anomalies (6°C) along the equator and near the coast of Peru (Figure 39) developed in October 1982 and advanced to the coastal stations during the same month. During December the SST anomaly pattern looked similar to that for November.

The oceanographic details relating to the late and rapid development of an El Niño in 1982 remain for future research. However, several environmental events, the data to which the Commission has access, were evident during the routine analyses. For example, the southern hemisphere high-pressure system was frequently displaced westward from its normal position (near 30°S, 90°W) after April. As a result, low-pressure systems and associated storms passed over the Chilean coast closer to the equator than usual. This led to a northward extension of low pressure troughs along the coasts from Chile to Ecuador and above normal rainfall in the Andes Mountains and over many coastal areas. In addition, the southeast trade winds were often interrupted and weakened along the equator and over the nearshore and offshore branches of the Peru Current. Subsequently, the strength of the South Equatorial Current was weakened also. By September 1982 the weakening of ocean-atmosphere circulations resulted in less than normal ocean wind mixing and upwelling in the Peru Current and along the equator. Figure 38B shows the mean monthly anomalies of the sea-surface pressure gradient (pressure difference between Juan Fernandez Island (34°S–80°W) and the coastal station San Juan, Peru, at 15°S.) Negative pressure anomalies (below the zero line) reflect the weaker than normal surface pressure gradients and surface winds off the coasts of southern Peru and northern Chile. The wind and pressure circulation had been somewhat weaker than normal along the coast during the first half of 1982; but after July, as coastal pressure gradients remained below normal, SST's began a rapid rise (Figure 38A). Thus, diminished ocean wind mixing and upwelling combined with increased *in situ* solar heating were the major contributing factors to the rapid increases in SST's

during the last half of 1982. Unless the ocean-atmosphere circulation returns to normal by mid-year 1983, El Niño condition more severe than in 1972 may prevail during most of 1983.

During most El Niño years the tuna and anchovy fisheries along the west coast of South America have been markedly reduced after warm water invaded the coastal regions. In recent times the great El Niño of 1957-58 and that of 1972-1973 were marked by catastrophic changes in the biota and a great reduction in the amount of anchovy to the Peruvian fishery. Skipjack fishing was also greatly diminished along the coast of Ecuador during the 1969 and 1972 El Niño conditions. Recent reports from Peru indicate that following an excellent anchovy fishing season up to September 1982, fishing was stopped abruptly as the warm water (6°C above normal) invaded the Peruvian coastal region. Peru has become greatly concerned about the possible drastic effects on the anchovy catch in 1983 as a result of the 1982 El Niño. In addition, skipjack fishing along the coast of Ecuador has been poor since October 1982. As the warm water moved into the Ecuadorian and Colombian coastal regions in October 1982, tuna fishing activity dropped off markedly during November and December. Also, fishing activities in the Gulf of Guayaquil dropped off after October as SST's in the estuary became unusually high. Offshore yellowfin tuna fishing may improve early in 1983 west of 85°W and south of the Galapagos Islands, as it did during the 1972 and 1976 El Niño periods.

### **STATUS OF TUNA STOCKS IN 1982 AND OUTLOOK FOR 1983**

It is the responsibility of the Commission's staff to monitor the fluctuations in abundance of the tropical tunas of the eastern Pacific Ocean and to assess the effects of man's activities on their abundance. Each year scientific information gathered by the staff is used to make recommendations for the management of these species. This is accomplished by presenting the information in background documents and orally at the meetings of the Commission. To disseminate this information to the general public it is summarized in this annual report.

### **YELLOWFIN**

The status of yellowfin has been evaluated by the application of general production models and age-structured models. Considering first general production models, when a population of fish has not been exposed to a fishery it is at the maximum size that the environment permits. Lack of food, lack of suitable living space, presence of predators, *etc.*, prevent the population from growing beyond that maximum. When, over the long run, gains to the population by recruitment and growth are balanced by losses due to natural mortality, the population is said to go into equilibrium. There may be years of especially favorable environmental conditions when the population is greater than normal and years of especially

poor environmental conditions when the population is less than normal, but these can be temporarily ignored in this discussion.

If one or more fishing boats began to fish on the population the catch per unit of effort (catch per day of searching, for example), which is assumed to be proportional to the size of the population, would initially be relatively high, as the population would be at its maximum. The gains to the population would still include recruitment and growth, but the losses to the population would include not only natural mortality, but also fishing mortality. Thus the population would be reduced. In response to the reduction in population the rates of recruitment, growth, and/or natural mortality would change, the gains from the first two exceeding the losses from the third. If the boats stopped fishing this net gain would cause the population to increase gradually to its original size. As the population approached that size the rates of recruitment, growth, and/or natural mortality would gradually approach their previous levels until they were the same as before the fishery began. The population would thus be restored to equilibrium at its maximum size. If the boats continued to fish at the same rate, however, the population would eventually come into equilibrium with different rates of recruitment, growth, and/or natural mortality and a population size which was less than the original population size. The catch per unit of effort (CPUE) would still be proportional to the population size. If there were only a few boats the population size would be only slightly reduced and the CPUE would be relatively high, but if there were many boats the population would be considerably reduced and the CPUE would be much lower.

The total catch would be the product of the CPUE and the total effort. If the fishing effort were relatively low, modest increases in effort would more than offset corresponding decreases in CPUE, resulting in higher catches, but at higher levels of effort such would not be the case. At some intermediate level of effort the product would be at its maximum. If the object of management is to obtain the average maximum sustainable yield (AMSY) of fish (which is the objective stated in the Commission's convention) the fishing effort should be maintained at that level. If the object is maximum profit the effort should be somewhat less (assuming that the price remains constant), and if the object is maximum employment of fishermen the effort should be somewhat higher. If the effort is less than whatever optimum is selected, the population is said to be underfished, and if the effort is greater than that optimum, the population is said to be overfished.

It is easiest to consider the interrelationships of effort, catch, and CPUE at equilibrium conditions, but it must be recognized that such conditions are not always in existence. For example, if the population is at equilibrium near its maximum and the effort is suddenly increased the CPUE will gradually decrease for a period before a new equilibrium point is reached with a lower CPUE. The catches will be greater during the period of transition than they will be at the new point of equilibrium. Likewise, if the population is at equilibrium at a low

level and the effort is suddenly decreased the CPUE will gradually increase for a period before a new equilibrium point is reached with a higher CPUE. The catches will be less during the period of transition than they will be at the new point of equilibrium.

The question arises as to whether or not general production models are applicable to the yellowfin tuna fishery in the Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA) (Figure 1). If so, the yellowfin which inhabit the CYRA must be a discrete population, *i.e.*, there must be relatively little interchange between these fish and those of the area outside the CYRA. If such models are applicable that fact can be detected only if (1) the perturbations caused by fluctuations in environmental conditions are not so great as to mask the changes in apparent abundance caused by fluctuations in fishing effort, and (2) there are catch, effort, and CPUE data available for a wide range of levels of fishing effort, preferably including levels greater than optimum.

The extent of interchange of yellowfin between the CYRA and the area outside the CYRA has been studied, and the results are discussed in previous annual reports of the Commission. In summary, the results indicate that there is some intermixing of the fish inside and outside the CYRA, but that this is probably not sufficient to invalidate the use of the model. The effects of environmental conditions have also been studied and reviewed in previous annual reports. As far as can be determined, these effects balance out over fairly short periods of time, so they can be largely ignored without invalidating the use of the model.

The model was first applied with baitboat catch, effort, and CPUE data for the period of 1934-1955, which furnished a wide range of less than optimum effort. These data indicated that, within the ranges of fishing effort for which data were available, the population conformed to the model. In 1960 and 1961, for the first time, the effort was greater than optimum, and the population responded in the ensuing years with lower CPUEs and catches, which gave further indication that the model was applicable.

Effort has been mentioned, but so far no mention has been made of the fact that there are different kinds of effort, *i.e.*, baitboat, purse-seine, and longline effort, and effort by different sizes of vessels. In most cases the different kinds of effort data cannot simply be combined to obtain a value of the total effort. There are two alternatives. First, the data for only one type of gear, ordinarily the most prevalent one, can be considered. This will be called the standard type. The total catch by all types of gear, divided by the CPUE for the standard type, provides an estimate for the total effort in units of the standard type. Second, the efficiency of each type of gear relative to that of the standard type can be determined, and the standardized effort for each type can then be obtained by adjusting the raw effort data by the proper factor. Then the raw effort data for the standard type of gear and the standardized effort data for the other types can be summed to obtain the total standardized effort. The Commission's staff has used the first alternative

and various combinations of the first and second alternatives. Unstandardized and standardized effort are measured in days of fishing and standardized days of fishing, respectively, and the corresponding CPUE's are catch per day's fishing (CPDF) and catch per standardized day's fishing (CPSDF).

Class-3 (vessels with capacities of 101 to 200 short tons) was selected as the standard size for purse seiners during the 1950's because at that time Class-3 purse seiners caught more tunas than did purse seiners of any other size. Since then many larger purse seiners have been built, and many smaller ones have sunk or are no longer active. The larger vessels fish in all areas, while the smaller ones fish almost entirely within a few hundred miles of the coast, and tend to fish more at the northern and southern ends of the range of yellowfin and less in the area between southern Mexico and Colombia. Standardization involves comparison of the fishing success of vessels of different size classes when they are fishing in the same area-time strata.

The fishery prior to the mid-1960's was pursued only in the inshore portion of the CYRA and in the vicinity of a few offshore islands and banks. During the mid- and late 1960's, however, the fishing fleet began to increase in size and to fish much further offshore. The inshore and offshore areas, termed Areas A1 and A2, respectively, are shown in Figure 40. If the interchange of fish between these two areas is instantaneous the AMSY of the areas combined will be the same as that of Area A1 alone, but if there is no interchange the AMSY of the two areas combined will be the sum of the individual AMSYs of the two areas. Studies have shown that there is relatively slow interchange of fish between the two areas, so the AMSY for the entire CYRA is greater than that for Area A1, but less than the sum of the individual AMSYs. These studies are described in more detail in previous annual reports of the Commission.

Data for a large number of years which encompass a wide range of effort are required to establish the AMSY and the corresponding effort and CPUE values. In 1968, after it had become apparent that the estimate for the AMSY calculated for Area A1 was not applicable to the entire CYRA, the Commissioners authorized the staff to undertake an experimental overfishing program so that an estimate of the AMSY for the CYRA could be obtained as quickly as possible. This was necessary because the effort had been relatively constant during the few years since the offshore expansion of the fishery had begun. When the levels of effort in excess of optimum were reached the catch would be reduced, or at least would fail to increase. Then the effort could be reduced to increase the catch eventually (assuming that it had previously been reduced), and so on, until a sufficiently good estimate of the AMSY was obtained. This takes quite a bit of time, however, due to the fact that the population does not respond instantly to changes in the fishing effort, and also because perturbations caused by environmental factors tend to make interpretation of the results more difficult. The experimental overfishing program remained in effect through 1979.

The present status of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean, as determined from analysis of general production models, will now be discussed. There are many factors which have not been mentioned in this report which apparently affect the model. These have been discussed in previous annual reports of the Commission, so they will not be mentioned again here. Because of the complicated nature of the fishery and the rapid changes which have taken place in recent years there has been considerable experimentation in the selection and preparation of the data to be used and in the choice of the mathematical procedures to be employed for the analysis of the catch, effort, and CPUE data. Only the two methods which have been given the most emphasis during 1982 are discussed in this report. One method employs the logistic model, for which it is assumed that the equilibrium relationship between catch and effort is linear. The other employs the generalized stock production model, for which the equilibrium relationship between catch and effort need not be linear. For both methods only the effort and CPUE (CPDF) data for Class-6 vessels (greater than 400 tons capacity) are used. (In previous years a third method, which employed the logistic model and data standardized to Class-3 vessels (101-200 tons capacity) was used. However, because of the paucity of Class-3 vessels, only the data for Class-6 vessels are presented in this report. Computations were made by the third method but, as has been the case for the last several years, they showed no differences from the Class-6 estimates.)

The quotas and catch and CPDF data for the CYRA and the area outside the CYRA for 1968 through 1982 are shown in Table 35. The CPDF data are shown in the top panel of Figure 41. The equilibrium production curves and the observed points representing non-equilibrium catch and effort are shown in Figure 42. The AMSY is estimated to be about 175 thousand tons, and the effort required to catch this amount at equilibrium conditions is estimated to be about 22.5 thousand Class-6 days for the logistic (symmetrical) model or about 27 thousand Class-6 days for the generalized stock production (asymmetrical) model.

For each of the two methods the AMSY is estimated to be about 175 thousand tons, the same as estimated for previous years. For the symmetrical model the 1976-1981 points fall to the right of the maximum point of the curve, and for the asymmetrical model the same is the case for the 1977-1981 points, implying that for those years the effort had exceeded the amount necessary to achieve the AMSY. The catches tended to decrease during those years, suggesting that the general production models just discussed are doing a reasonably good job of describing the status of the yellowfin stock with regard to effects of fishing. It is still not clear whether the symmetrical or asymmetrical model better describes the dynamics of the yellowfin stock. This could perhaps be determined by several more years of fishing with effort in excess of 30 thousand Class-6 days, but economic conditions might make it impossible to maintain the effort at such levels, in view of the fact that effort at those levels in 1979 and 1981 did not result in greatly increased catches.

The input to age-structured models consists of estimates of recruitment, growth, and fishing and natural mortality. Estimates of the rates of growth and mortality are obtained from analyses of data on the size composition of the fish in the catches, supplemented by tag return data and other data of various types. The Commission's staff has collected data on the size composition of the catches of yellowfin and skipjack in the eastern Pacific Ocean since 1954, and in addition has had access to the corresponding data collected during 1951-1954 by the California Department of Fish and Game.

The most commonly employed type of age-structured analysis is the yield-per-recruit model. If a cohort of unexploited juvenile or young adult fish is present in an area, its total weight first increases as the fish grow rapidly, while the losses due to natural mortality are moderate. Later, however, when the fish grow older the growth rate becomes slower, while the natural mortality continues to be moderate. Thus the losses to the total weight due to natural mortality at that time are greater than the gains due to growth, and there is a net loss to the total weight. Eventually the cohort disappears. The ideal way to obtain the maximum yield in weight from a cohort of fish would be to harvest each fish just before it died a natural death. This is not possible, of course. The next best alternative would be to harvest all the fish which had not died previously at the age or size ("critical age" or "critical size") at which the loss to the total weight by natural mortality exactly balances the gain to it by growth. This is possible for some animals, such as oysters or clams which are exposed at low tide and can be easily harvested at that time. When the manager of a bed of oysters or clams surveys it at frequent intervals and removes the individuals which have reached the critical size he is exerting an infinite amount of fishing mortality on the animals which have reached that size. It is obvious that this alternative is not practical for most species of fish.

Intuitively, it seems that if the second alternative is not possible the harvesting should begin on fish which have not yet reached the critical size. This is the third alternative, and the only practical one for most species of fish. It is assumed, for the moment, that the age at entry (*i.e.*, the age corresponding to the minimum size of fish which are caught) can be efficiently controlled. If the fishing effort is high, an age at entry only slightly less than the critical age would be selected, most of the fish caught would be close to the critical age, and the yield would be almost as high as it would be under the second alternative. If the fishing effort is lower an age at entry considerably less than the critical age would be selected, the fish caught would exhibit a wider range of ages and sizes, and the yield would be considerably less than it would under the second alternative (but still the maximum possible without increasing the effort).

It may not be possible, however, to control efficiently the age at entry. If so, the only way to manage the fishery is to control the effort. If the age at entry is greater than the critical age unlimited effort can be permitted, but if the age at entry is less than the critical age, restriction of the effort may increase the yield.

Reliable estimates of growth and natural mortality are required to calculate the critical age and size. The estimates which the Commission's staff has obtained for yellowfin, particularly that for natural mortality, are not as reliable as desirable, but the critical size is estimated to be roughly 111 cm (62 pounds). Most fish caught by the baitboat fishery are considerably less than the critical size. When most of the tuna fleet converted from bait fishing to purse-seine fishing in the late 1950's and early 1960's the average size of the fish in the catch increased, many of them being approximately equal to or greater than the critical size. The average annual catch of yellowfin has been considerably greater during the period after the conversion to purse seining than during the previous period. As pointed out previously, the offshore expansion of the fishery during the mid- and late 1960's was an important factor in these increased catches, but the increase in the average size of the fish caught may also have been partially responsible for the increase.

So far it has not been mentioned that at least some of the individuals of a cohort of fish must be allowed to spawn at least once before they are harvested. If spawning occurs well before the fish reach the critical size, there is probably no danger from this standpoint, but if spawning does not occur until after the fish have reached the critical size, and the fishing effort is high, there is a possibility that the number of spawners will be so reduced that the recruitment in subsequent years is reduced. (It should not be assumed, however, that a modest reduction in spawners will reduce the recruitment in subsequent years, as such does not appear to be the case for most species of fish.) The yield-per-recruit model as described here does not take the possibility of reduced recruitment into account, but this is an integral part of general production models.

Also, it has not been mentioned that the growth of the individual fish may be slower or the natural mortality rate may be higher when a population of fish is dense than when it is less dense. Accordingly, the loss due to harvesting of some fish at less than the critical size may be at least partially compensated for by faster growth and/or lower natural mortality of the remaining fish. In addition, if the growth or natural mortality rates are affected by population density the critical age and size will vary according to population density. This complication is also not taken into account in the yield-per-recruit model as described here, but it is an integral part of general production models.

The object of management carried out according to analysis of the yield-per-recruit model is to obtain the maximum yield per recruit. The estimated relationships among size at entry, fishing effort, and yield per recruit are shown in Figure 43. Various combinations of fishing effort and size at entry give various yield per recruit, which are indicated by the curved lines. The top panel is based upon age-specific fishing mortality rates estimated from length-frequency data obtained during the 1968-1972 period and an instantaneous natural mortality rate of 0.8; the middle panel is based upon age-specific fishing mortality rates estimated from length-frequency data obtained during 1973-1978 and the same instan-



taneous natural mortality rate; the bottom panel is the same as the top panel except that an instantaneous natural mortality rate of 0.6 is substituted. The estimate of 0.8 is believed to be the most likely one, but that of 0.6 is included to determine how much higher the age at entry should be if the natural mortality rate is lower. The values in the horizontal scale are multiples of the fishing effort during the years in question, *i.e.*, 0.5, 1.0, and 2.0 in the top panel represent effort values half of, equal to, and twice the actual effort values for 1968–1972. The approximate weights of the catches of each age group corresponding to a multiplier of 1.0 are shown in the upper left corner of each panel. In all three panels the yield per recruit increases with increasing multipliers of fishing effort up to about 1.0 regardless of the size at entry. With multipliers greater than about 1.0 the yields per recruit remain about the same with lower sizes at entry, but continue to increase with greater sizes at entry. Except at levels of effort less than about half the corresponding current effort, the yield per recruit increases with increases in the size at entry. In the top panel, for example, the optimum size at entry is about 15 pounds with a multiplier of 1.0 and about 30 pounds with a multiplier of 2.0. The corresponding yields per recruit are 5.3 and 6.7 pounds, respectively. In the top panel, with an infinite amount of effort the optimum size at entry would be 62 pounds, the critical size, and the yield per recruit would be 7.6 pounds.

Prior to 1973 the fishery operated on fish which were larger, on the average, the majority of the catch being 2-, 3-, and 4-year olds. Subsequent to that time, however, the fishery shifted to the smaller sizes, most of the catch consisting of 1- and 2-year old fish. The yields per recruit for these two age distributions are shown in the upper and middle panels of Figure 43. Using a fishing mortality multiplier of 1, a size at entry of 7 pounds, and the current age structure (middle panel), the yield per recruit would be about 4.4 pounds. For the same fishing intensity and entering size, but with the age structure shown in the upper panel for the years prior to 1973, the corresponding yield per recruit would be about 5.2 pounds. This indicates that return to an age structure similar to that in the fishery prior to 1973 would produce a significant increase in the catch.

The above description contains the implicit assumption that alteration of the age at entry does not change the fishing effort. Such would be the case if the fishery operated as follows. At first, when the age at entry was low, the vessels would search for schools of fish, finding some containing small fish and some containing large fish, and setting on both. Later, when the age at entry was increased, the vessels would search in the same manner as before, but would set only on the schools containing large fish. Hence the effort directed toward large fish would be the same in the second period as in the first. However, it is believed that if for any reason the age at entry for yellowfin were increased there would be a tendency for the fishermen to search less in the area-time strata containing a preponderance of small fish and more in those containing a preponderance of large fish, so the fishing effort on the large fish would most likely increase. In general, this would tend to increase the yield per recruit.

In addition to its studies of the yield-per-recruit model, cohort analyses have been performed by the Commission's staff. A cohort consists of all the fish recruited to the fishery at the same time, such as the X70 cohort which first entered the fishery in small numbers during the first half of 1970 and contributed to it significantly for the first time during the second half of that year, and the Y70 cohort which first entered the fishery in small numbers during the second half of 1969 and contributed to it significantly for the first time during the first half of 1970. The X and Y cohorts have been estimated, on the average, to be about the same size.

Cohort analysis consists of estimation of the numbers and weights of the fish of one or more cohorts at the time of recruitment and at various intervals thereafter and of the numbers and weights which are caught and which die during each interval, and interpretation of the meaning of the results. The information needed for such analyses includes the numbers and average weights of fish of each cohort in the catch, an estimate of the natural mortality rate (or estimates of a series of rates if the natural mortality is not constant for the fish of different ages), and an estimate of the fishing mortality rate for at least one catch interval. All of these estimates are obtained from analyses of catch statistics and length-frequency data which include, as a first step, assignment of the fish in the catch to cohorts. The results of these analyses are not as accurate as desired because, although fish of different cohorts can be distinguished from one another when they are young, this becomes increasingly difficult as they grow older, so older fish are probably often assigned to the wrong cohorts. Thus not only are the estimates of the catch of fish of each cohort less accurate than desired, but the estimates of the mortality rates are somewhat crude. Specifically, an estimate of 0.8 for the instantaneous annual rate of natural mortality (equivalent to an annual rate of 55 percent) is used, but it is suspected that this rate varies with age, being higher for younger fish and lower for older ones. Also the vulnerability of the fish to capture varies according to age, area, season, weather, and other circumstances, and this introduces "noise," and possibly bias as well, into the calculations.

Cohort analyses have been conducted for the 1965 through 1982 seasons. Different "initiating" rates of fishing mortality were estimated for the quarters during which different cohorts were last exploited, dependent on fluctuations in effort from season to season. In addition, for purposes of comparison, calculations were made for all cohorts with initiating rates higher and lower than those considered to be the best estimates. The results indicate that the initiating rates can influence the general conclusions, especially for the present condition of the stock.

The results, using the "best" estimate of mortality resulting from the different rates of fishing during the initiating quarter, are shown in Table 36. Using this table, the estimated average populations of fish of any cohort, in numbers of fish, are apparent. For the X68 cohort, for example, there was an average of

23,519,000 1-year olds during the first quarter of that year, and the population of that cohort during the second, third, and fourth quarters averaged 19.3, 15.6, and 12.4 million fish, respectively (1968 row, I column). In 1969 the average populations of 2-year olds of that cohort during the first through fourth quarters were 9.9, 7.5, 5.9, and 4.8 million fish, respectively (1969 row, II column), and so on. The average numbers of 1-, 2-, 3-, and 4-year olds of the four X cohorts (1968, 1967, 1966, and 1965) during the first quarter of 1968 were 23.5 million, 8.3 million, 3.6 million, and 0.1 million, respectively (1968 row). The situation is the same for the Y cohorts as for the X cohorts, except that there is a 0 column for the youngest fish, none of which are assumed to be caught prior to the third quarter of the year. Also shown in Table 36 is a V+ column, which includes the older fish, none of which can be assigned to cohorts, and whose population size was obtained indirectly from catch data and mortality estimates of younger fish. It is assumed that half of these belong to the X cohorts and half to the Y cohorts.

The numbers of recruits for each cohort (*i.e.*, the average numbers for the initial quarters) are listed in Table 37. The annual averages for the X and Y cohorts are nearly the same, 25 million for the Y cohort and 22 million for the X cohort. The variability among years is greater for the Y cohort (3.6) than for the X cohort (2.2), and that for the combined data (2.6) is intermediate. Although the recruitment is variable, there is no evident trend in recruitment over time.

The average weights of the fish during each quarter, beginning with the quarter they are recruited into the fishery, were estimated to be:

Quarter	Average weight	Quarter	Average weight	Quarter	Average weight
1	4.0	7	27.0	13	98.0
2	5.6	8	36.1	14	111.1
3	8.0	9	45.0	15	122.0
4	10.2	10	55.1	16	130.0
5	13.5	11	67.0	17	134.0
6	18.9	12	83.0	18	136.0
				19 +	157.0

These values were multiplied by the corresponding values in Table 36 to calculate the estimated average annual biomass (total weight averaged over four quarters) of each cohort. These data are shown in Figure 44. It is easy to see the relative strengths of the various cohorts from this figure. For example, the X74 and Y74 cohorts (diagonal lines) were both relatively strong, for even though the fish were fished heavily in 1974 when they were small, their biomass remained high in the succeeding years. The Y73 cohort, on the other hand, was only average, for after having been heavily fished in 1973 its biomass was low. The X66 cohort was a strong one, but the fish were not heavily exploited when they were young, so the biomass of the cohort was high for several years subsequent to 1966.

In Figure 45 are shown the average quarterly and average annual biomass estimates for 1968 through 1982 for all fish regardless of age and for all Y-cohort fish which had been in the fishery more than six quarters since recruitment plus all X-cohort fish which had been in the fishery more than eight quarters since recruitment. The data for 1965-1967 are not shown because during that period the fishery in the CYRA was still expanding and the cohort biomass estimates for those years are biased downward. During 1968-1971 the total biomass averaged about 350 thousand tons. This was comprised of a large proportion of older fish resulting from the fish of the above-average 1966 and 1967 recruitments which were exploited lightly as young fish. Below-average recruitment, coupled with increasing exploitation rates during 1969-1972, resulted in a decline in the biomass during 1972 and 1973 of both the younger and older fish. The lower biomass of older fish persisted through 1974, whereas the abundance of smaller fish began to increase in 1974 as a result of an extremely large 1974 year class. That year class accounted for most of the increase in biomass of large fish in late 1975, all of 1976, and early 1977. The largest catch of yellowfin in the history of the fishery was made during 1976. Below-average recruitment during 1976 and 1977, coupled with heavy exploitation of young fish since 1973, resulted in the biomass of both young and old fish decreasing to the lowest level observed in the fishery. Although the 1978 and 1979 recruitments were high, the former exceeded only by that of 1974, so many of the fish were captured as 1- and 2-year olds that they did not contribute heavily to the fishery in 1981 or 1982. In 1980 and 1981 the recruitment was slightly above average, and preliminary estimates of the 1982 recruitment indicate that it was also slightly above average.

The purse-seine catches of fish of the X and Y cohorts, and of both cohorts combined, during the first 6 months of 1968-1982 are shown in Figures 46 and 47. In Figure 46 each panel contains the catches of fish of different cohorts in the same year, whereas in Figure 47 each panel contains the catches of fish of the same cohort in different years.

From comparison of these four figures, annual estimates of the biomass of the X and Y groups (Figure 44), quarterly estimates of the total biomass and the biomass of large fish (Figure 45), and purse-seine catches during the first 6 months of each year by age and cohort (Figures 46 and 47), it is clear that the large catches of small fish in recent years have altered the age composition of the population and the catch. Fewer and fewer individuals have survived to reach the larger sizes, and the yield-per-recruit analysis discussed previously has shown that this probably reduces the total catch. The cohort analysis corroborates this and provides data to quantify the differences. The total contribution each X and Y cohort has made to the fishery throughout its life in the fishery has been estimated. The sums of the estimated catches for the two cohorts entering each year range from a low of 121 thousand tons for the 1972 cohort to a high of 268 thousand tons for the 1974 cohort. If the 1974 cohort had not been fished so heavily during its first year in the fishery, it would have contributed even more. Division of these catches by the corresponding annual estimates of recruitment indicates that the yield

per recruit prior to 1973 was about 8 pounds, whereas for the period from 1973 on it has been about 7 pounds. (These estimates of the yield per recruit are slightly higher than those given in the discussion of the yield-per-recruit model because of differences in the methods of calculation and choice of a multiplier. In the yield-per-recruit model recruitment was assumed to occur at 40 cm, whereas the average lengths of the first-quarter fish in the cohort analyses are somewhat greater.) With an average recruitment of 45 million fish and a size composition in the catch similar to the 1968-1972 period the total annual yield would be about 175 thousand tons. With the same average recruitment, but a size composition similar to those of the more recent years in the fishery, the total annual yield would be about 155 thousand tons.

The analyses presented above using general production models have consistently produced estimates of the AMSY of about 175 thousand short tons of yellowfin for the CYRA. The actual catch, which has exceeded this amount during 8 of the last 10 years, has been declining since the peak catch of about 210 thousand tons taken during 1976. The 1982 catch was less than the catch of any year since 1971.

In terms of the symmetrical production model, the fishery has operated on the overfishing side of the curve during the 1976-1981 period. In order to maintain the population at its current level during 1983 the catch of yellowfin in the CYRA during that year should not exceed 174 thousand short tons. If the effort in 1983 stays at about the same level it has averaged in recent years, about 24,000 Class-6 days, the catch in 1983 may reach about 172 thousand short tons.

Considering the asymmetrical production curve, shown as the broken line in Figure 42, the fishery has operated on the overfishing side of the curve during the 1977-1981 period. In this case, however, the amount of overfishing is not so great, since the right side of the production curve is much flatter and the optimum effort occurs at a higher value. If this curve represents the reaction of the stock to fishing and if the effort during 1983 is maintained at about 24,000 Class-6 days, the catch of yellowfin in the CYRA during 1983 should be about 193 thousand tons.

Analysis of the size composition data of the yellowfin catch has demonstrated that since 1973 the fishery has tended to become more dependent on younger, smaller fish. The yield per recruitment has decreased significantly since the catches of the smallest fish began to increase in 1973. The cohort analyses discussed above corroborate these findings. They also demonstrate that recruitment of individual age groups into the fishery is quite variable. The average annual recruitment into the fishery has been about 48 million fish, but has varied between about 29 and 83 million fish. Utilizing this estimate of annual average recruitment, and computing the catch in weight from each cohort, it is concluded that there has been a reduction in potential total yield from the years prior to 1973 from about 188 thousand to less than 165 thousand short tons for the years since that time.

Assuming that the cohort analysis and yield per recruitment estimates adequately represent conditions in the fishery and the fishing effort in 1983 is close to the average of recent years, the catch in 1983 should not exceed about 165 thousand short tons. If the recruitment remained the same, the effort was maintained at current levels, and the size composition of the catch could be returned to what it was previous to 1973, thereby affording the smaller fish greater protection, the fishery could support yields up to a maximum of about 188 thousand short tons in the future.

If the number of larger fish in the population is to be increased, the dependence of the fishery upon age -1 fish must be reduced. As pointed out in previous annual reports, the benefits of protecting the young fish would be substantial, but it would be difficult to accomplish this.

There are several approaches to reducing the dependence on small fish. One way would be to set a minimum size limit. Another would be to close certain areas during certain seasons to unrestricted fishing if and when small fish are predominant. Another way would be to shift the opening date of the season so as to restrict fishing during a period when small fish are most abundant in the catch. Analyses of size composition data show that in general there is a high incidence of small fish mixed with larger fish and of skipjack mixed with small yellowfin. This would make the problem of protecting small yellowfin difficult because these might be caught in large numbers by vessels attempting to catch larger yellowfin and skipjack. If these small yellowfin could not be landed they would be thrown back into the sea dead, and the yield per recruit would be decreased, rather than increased. If, on the other hand, the fishermen could avoid the small fish there would be an increase in the yield per recruit.

It does not appear as though shifting the opening date of the season would be as beneficial as thought earlier. When most of the fishing effort was generated during the first half of the year few catches were made of Y-cohort fish entering the fishery for the first time at about 3 to 6 pounds during the second half of the year. It was thought that this was due mostly to the lack of availability of the fish of this group. During the last few years, however, there has been heavy fishing during the second half of the year, and the catches of the entering Y-cohort fish have increased substantially. Therefore, the benefits of shifting the season may not be as great in protecting the younger fish as originally hoped. The staff cannot recommend any of the above measures at this time because the effect of such regulation on the actual catch (not landings) of small fish cannot be predicted.

An alternate approach to protecting the smaller fish would be to restrict the overall magnitude of the catch of all yellowfin, including the small ones. This could be accomplished by reducing the total fishing effort during 1983. This would result in the survival of more of the age -1 fish so that they would be available at older ages in succeeding years. It would also tend to make the age structure similar to that of the 1960's and early 1970's. Such a reduction in effort

and catch would be consistent with the conclusions drawn from the general production model analysis.

With regard to a recommendation for 1983, it must be emphasized that the fishery appears to have been operating on the overfishing side of the curve for the symmetrical model and the underfishing side of the curve for the asymmetrical model. If the symmetrical model is applicable, small changes in the catch would result in relatively large changes in the population size and equilibrium yield.

Although it is not known whether the symmetrical or asymmetrical model best describes the reaction of the population to fishing, a choice between the two must be made. If the quota were set at about 180 thousand short tons, but the symmetrical model holds, then overfishing will continue. If the quota were set at about 165 thousand short tons, but the asymmetrical model holds, then the stock will continue to increase beyond its optimum size. It would appear more prudent to set a quota more closely based on the symmetrical model. If the more conservative symmetrical model were selected, but the asymmetrical model was applicable, no harm would be done. In fact the catch rate and the average size of the fish would increase, increasing the yield per recruitment in subsequent years. It was already noted above that minimum size limits and/or closed areas would probably not be effective in altering the size composition of the catch, but that a reduced catch quota would tend to increase the yield per recruit. It was therefore recommended at the Commission's 40th meeting, held in October 1982, that the 1983 quota be set at 170,000 short tons of yellowfin. (This recommendation was made when the 1982 catch of yellowfin from the CYRA was projected to be about 145 thousand tons and the corresponding effort was projected to be about 26 thousand days. The actual catch and effort for the year turned out to be about 118.5 thousand tons and about 25 thousand days.) The recommended quota of 170,000 tons is below the current estimated equilibrium yield of 174 thousand tons for the symmetrical model, but only slightly so, and significantly below what could be taken with the same effort if the asymmetrical model holds (193 thousand tons). To allow for the possibility that the staff has underestimated the abundance of the stock, flexibility in adjusting the quota upward during 1983 should be retained.

The fishery has operated in the area outside the CYRA (Figure 40, Area A3) since 1968 (Table 35). Relatively little fishing takes place there during the first half of the year, primarily because of bad weather. By the time the weather improves in May-June, or soon thereafter, the CYRA has in most years been closed to unrestricted fishing, and many of the larger vessels of the international fleet have moved to the area outside the CYRA. Tagging experiments have indicated that the rate of mixing between this area and the CYRA is low, so the yellowfin of the area outside the CYRA, to date, have been considered separately from those of the CYRA.

In 1969 the CPDF was greater than 20 tons, but since then the CPDF's have been remarkably constant, between 9 and 13 tons (Figure 48, upper panel). In 1969, 1970, and 1971 the effort was less than 2.6 thousand days and the catches less than 31 thousand tons (Figure 48, lower panel). During the 1972–1976 period the effort and catches were nearly constant, the former between 3.5 and 4.1 thousand days and the latter between 41 and 51 thousand tons. During 1977–1982, due apparently to reduced effort, the catches averaged only about 20.2 thousand tons, but the CPDF's were down only slightly from those for 1970–1976. In the lower panel of Figure 48 it is clear that the catch in the area outside the CYRA has remained proportional to the effort. If the logistic form of the general production model expresses adequately the relationship between catch and effort for the area outside the CYRA, as discussed earlier for the area inside the CYRA, then the fishery outside the CYRA appears to be operating on the underfishing side of the curve. Accordingly, these data indicate no biological reason for placing limits on the catch or the intensity of fishing outside the CYRA.

If the fish outside the CYRA are part of the stock which occurs inside the CYRA, a reduction in the biomass and average size of the fish outside the CYRA during the last few years would be expected. No such reduction in biomass outside the CYRA is evident from the CPDF data. On the other hand, the average size of the fish caught outside the CYRA has declined from about 80 pounds in 1972–1975 to about 58 pounds in 1977–1982 (Figure 49). This could be due to increased fishing mortality, but it could also be due to changes in fishing techniques, *i.e.*, more fishing on schools associated with flotsam and less on schools associated with porpoises. Since 58 pounds is near the optimum size in terms of the yield-per-recruit model, as discussed in the section on age-structured analysis, there is no need to curtail the catch outside the CYRA unless it can be demonstrated that the catching of fish in the area reduces the recruitment in the CYRA. In any event, the fishery in the area outside the CYRA should be closely monitored to evaluate these various possibilities.

### SKIPJACK

The world catches of skipjack exceed those of any other species of tuna, and the same is the case for the Pacific Ocean. The skipjack catch of the western Pacific Ocean exceeds that of the eastern Pacific Ocean. The estimated annual average catch in the western Pacific Ocean during 1965–1972 was 243 thousand short tons. During 1973–1980, a period in which baitfishing activities, especially by Japanese vessels, expanded considerably, the estimated annual average catch was 477 thousand tons. The corresponding values for the eastern Pacific Ocean are 89 and 123 thousand tons, respectively. In the western Pacific Ocean skipjack are caught mostly by baitboats, but in the eastern Pacific Ocean about 80 to 95 percent of the catch is taken by purse seiners. Only small amounts of skipjack are caught by longliners.



Substantial fisheries for skipjack occur in the northeastern Pacific Ocean near Baja California, the Revillagigedo Islands, and Clipperton Island and in the southeastern Pacific Ocean near Central America, northern South America, Cocos Island-Brito Bank, and the Galapagos Islands. The area of very warm water off southern Mexico which separates the two areas is usually devoid of skipjack, but in some years, such as 1956, the distribution of skipjack has been continuous from north to south. In normal years tagging has shown that there is little mixing of fish between the two areas. The fishery for skipjack in the eastern Pacific Ocean tends to take place closer to shore than that for yellowfin. In the central Pacific Ocean there are lesser fisheries for skipjack near the Hawaiian Islands and French Polynesia (the Marquesas, Tuamotu, and Society Islands). Further to the west, near Japan, the Philippines, Indonesia, Papua New Guinea, the Solomon Islands, Fiji, New Zealand, and many other islands, there are more substantial fisheries for skipjack.

The catch of skipjack in the eastern Pacific Ocean varies considerably from year to year (Figure 50). The catches for the northeastern and southeastern areas are moderately well correlated with one another, but in some years, for example 1970, the catch has been above average in one area and below average in the other. During the late 1950's large catches of skipjack were made south of 5°S, and from the late 1950's to the early 1970's large catches of this species were made close to shore off Ecuador and northern Peru. During the past few years, however, the center of abundance of the southeastern group seems to have shifted to waters off Colombia and Central America.

It is of fundamental importance to determine whether the skipjack occurring in the Pacific Ocean belong to one or more than one subpopulation and, if the latter is the case, where the different subpopulations occur during different times of the year and at different stages of their life histories. This problem has been studied by various methods, including analyses of tagging, catch statistics, life history, and biochemical genetic data. Research in these fields has been conducted by many organizations, including the Tuna Commission, the South Pacific Commission, the U.S. National Marine Fisheries Service, and various organizations in Japan. The research results pertinent to a solution to this problem were examined at a workshop of fisheries biologists and population geneticists sponsored by the South Pacific Commission in 1980. These research results are summarized in the IATTC Annual Report for 1981. Three models to describe the population structure of skipjack in the Pacific Ocean were hypothesized at the workshop.

The panmictic hypothesis states that all the skipjack in the Pacific Ocean belong to a single population in which each fish has the same probability of interbreeding with any other fish in the population.

The clinal hypothesis states that separate subpopulations of skipjack do not exist in the Pacific Ocean, but there is isolation by distance, *i.e.*, the probability

of any two fish interbreeding is an inverse function of their distance from one another. The individuals at the extreme ends of the range are genetically semi-isolated from one another.

The separate subpopulation hypothesis states that there are two or more genetically distinct subpopulations of skipjack in the Pacific Ocean. The genetic identity of the subpopulations is maintained by some mechanism which prevents interbreeding of the various subpopulations, such as maintenance of school integrity from hatching to spawning, homing of fish to separate spawning areas, or spawning of different subpopulations at different times of the year.

Considering all the available information, the participants in the SPC workshop concluded that:

1. The panmictic hypothesis is untenable because, although there is mixing of fish among different areas, most of the tagged fish which were recaptured had moved only relatively short distances from the locations where they were released.
2. The clinal hypothesis, involving factors of dispersal, homing, and natural selection, is a reasonable alternative to the separate subpopulation hypothesis advanced in the past, but the presently available data do not permit a reasonable choice to be made between these two hypotheses and unconditional support of either would be premature and unwarranted.

It was generally agreed by the workshop participants that more data on spawning and early life history of skipjack are needed if further progress is to be made in this field.

It is the opinion of the Commission's staff that the principal conclusions of the SPC workshop are correct, *i.e.*, that the data do not permit a reasonable choice between the clinal and subpopulation hypotheses and that more information on the spawning and early life history of skipjack is needed. However, it is believed that the acquisition of additional biochemical genetic samples in selected area-time strata and further analysis of all the available data may shed more light on the situation.

General production models have been described above in the yellowfin section. It was pointed out that models of this type are not applicable unless the fish in question belong to a discrete population, *i.e.*, there must be relatively little interchange between the fish in the area under consideration, in this case the eastern Pacific Ocean, and those in other areas where the species in question is exploited. Assuming that such models are applicable, if that fact is to be detected the perturbations caused by fluctuations in environmental conditions must not be so great as to mask the changes in apparent abundance caused by fluctuations in fishing effort, and there must be catch, effort, and CPUE data available for a

wide range of levels of fishing effort, preferably including levels on the over-fishing side of the curve.

The first condition is not met for the skipjack of the eastern Pacific, as they are apparently the progeny of fish which spawn in the central and/or western Pacific, as discussed in the subsection entitled Tuna Tagging. Thus the amounts caught in the eastern Pacific may be determined more by the portions of juveniles hatched in the central and/or western Pacific which migrate to the eastern Pacific than by the abundance of juveniles in that or those areas. Such being the case, a definitive study of this nature is not possible at this time.

Studies have been underway, on a modest scale, for several years to determine the effects of environmental conditions on the abundance, availability, and vulnerability to capture of skipjack in the eastern Pacific Ocean. One such study, described in the Commission's annual reports for 1979 through 1981, involves analysis of the relationship between the apparent abundance of skipjack in their second year of life in the eastern Pacific Ocean and (1) the fluctuating area of the Pacific Ocean between 130°W and 180° with sea-surface temperatures exceeding 82°F (27.8°C), (2) the average sea-surface temperature in the fixed area between 135°W and 180° between the mean monthly latitudinal limits of the 82°F isotherm in each hemisphere, and (3) the wind-mixing index in this fixed area (this index is the cube of the average wind speed, which is roughly proportional to the degree of mixing caused by wind in the upper layers of the ocean). These three variables are all interrelated. When winds in the central tropical Pacific are stronger, the amount of mixing and equatorial upwelling tend to be greater, the sea-surface temperatures lower, and the area exceeding 82°F smaller; when winds are weaker, the amount of mixing and equatorial upwelling tend to be smaller, the sea-surface temperatures higher, and the area exceeding 82°F larger.

The first and second analyses were performed because there is a positive correlation between percent occurrence of skipjack larvae in zooplankton net tows and temperature, and it was reasoned that more spawning or better survival of the larvae might occur in warmer years. The third was performed because the survival of skipjack larvae may depend upon the degree of mixing of the upper layers of the ocean. Investigations conducted at the NMFS Southwest Fisheries Center in La Jolla indicate that in the California Current concentrations of food suitable for first-feeding larval anchovies tend to occur in aggregations and well-defined layers. Upwelling and mixing disrupt the layering and disperse the food organisms, so that many of the larvae are unable to obtain sufficient food for survival. It appears that strong year classes of anchovies are associated with weak winds during the larval stages, and vice versa. It was thought that this effect might also occur in the skipjack spawning areas of the central Pacific. Statistically significant relationships were found in all cases, but the best relationship was found between skipjack and the wind-mixing index, with this index accounting for 72 percent of the variability in the apparent abundance of skipjack in the eastern Pacific in their second year of life.

In addition, investigations of the possible relationship between the apparent abundance of skipjack in their second year of life in the eastern Pacific and the strength of the eastward-flowing North Equatorial and South Equatorial Counter-currents are being conducted because it would be expected that when these currents are stronger than average, young fish would be carried to the eastern Pacific in greater numbers, and when they are weaker than average young fish would be carried there in lesser numbers, if they do in fact use these currents in their migration. On the whole, the results of the Commission staff's attempts to relate the apparent abundance of skipjack with environmental conditions are not as satisfactory as might be desired, but some of the problem might be resolved if the Commission's biological and statistical studies could be made for the entire population unit(s) which contribute(s) to the eastern Pacific fishery instead of the portion of it (or them) which inhabit(s) the eastern Pacific Ocean during part of the life span.

Usable catch, effort, and CPUE data are available for some parts of the Pacific population unit(s), but not for others. Also, there is the problem of separating the catches of fish of the population unit(s) which contribute to the eastern Pacific fishery from those which do not.

In spite of the above difficulties, attempts have been made to compare the effort and CPUE of skipjack in the eastern Pacific Ocean. The fishing effort has increased in recent years, due to increases in the size of the fleet. This has apparently not depleted the resource, however, as some of the greatest total catches have been made during the last few years. The purse-seine CPUE and effort in the CYRA, standardized to Class-3 units (vessels of 101- to 200-tons capacity), are shown in Figure 51. There does not appear to be a significant relationship. There is a possibility, however, that such a relationship might be masked by the nature of the fishery. For example, in different years the availability of skipjack might differ, but the amount of effort directed toward that species might be proportional to the availability, resulting in roughly equal CPUE's in each year. This could be the case if in years of high availability skipjack were present in more areas than in years of low availability, but the densities of fish within the areas were roughly the same in all years. At this time the data furnish little or no evidence that this phenomenon could be masking the relationship between the abundance of skipjack and the fishing effort, but the question will continue to be examined as a part of the Commission's broad studies of fishing effort and CPUE as an index of abundance.

The types of data which are used for age-structured models, and the theory upon which these models are based, are discussed above in the yellowfin section.

The size composition of skipjack samples taken in the Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA) during 1967 through 1982 is shown in Figure 52. Differences among years are apparent; the incidence of fish larger than 55 cm [about 7.8 pounds] was highest in 1971-1973 and lowest in 1978-1982. The

average weight of the fish caught during 1981 is the lowest for the 1967-1982 period.

The yield-per-recruit approach to age-structured modeling has been discussed above for yellowfin. The situation for skipjack is somewhat different, in that the natural attrition of yellowfin consists only of natural mortality, whereas that for skipjack consists of both natural mortality and emigration to the central and western Pacific. The combined annual rate of natural mortality and emigration for skipjack is estimated from length-frequency and tagging data to be roughly 90 percent per year, as compared to approximately 55 percent for the natural mortality of yellowfin.

The rate of growth of skipjack has also been estimated from studies of length-frequency and tag return data. Relative to yellowfin it is much more difficult to follow the progression of modal groups because the modal lengths vary so erratically from month to month. Recruitment from the central Pacific and emigration in the opposite direction is obviously largely responsible for this, but it also appears that the vulnerability of groups of fish of different sizes varies considerably from month to month within the eastern Pacific Ocean. Tagging data are also useful in this respect, but most of the returns are from fish which have been at liberty only a short period of time, and thus are of limited value. These studies, discussed in more detail in the subsection of this report entitled Tuna Tagging, indicate that the rate for growth is greater than 1 mm per day for 40-cm fish, and decreases with increasing size, being less than 1 mm per day for fish in the 45 to 65 cm range.

The estimated relationships among size at entry, fishing effort, and yield per recruit are shown in Figure 53. The Commission staff's estimates of skipjack growth, natural mortality plus emigration, and fishing mortality have been integrated to obtain the calculations which form the basis for this figure. The top panel is based upon age-specific fishing mortality rates estimated from length-frequency data obtained during 1967-1969, the middle panel is based upon rates estimated from data obtained during 1971-1973, and the lower panel is based upon rates estimated from data obtained during 1975-1977. The values in the horizontal scale are multiples of the fishing effort during the years in question. *i.e.*, 0.5, 1.0, and 2.0 in the top panel represent effort values half of, equal to, and twice the actual effort values for 1967-1969. Various combinations of fishing effort and size at entry give various yields per recruit, which are indicated by curved lines. For example, if the size at entry is fixed at 40 cm (about 2.7 pounds) the yield per recruit with a multiplier of 1 is between 1.00 and 1.10 pounds in the first panel and between 0.75 and 1.00 pounds in the second and third panels. In general, the yields are highest with a size at entry of 35 cm (about 1.7 pounds) and fishing effort considerably greater than has been the case so far in the eastern Pacific Ocean. This is because the losses to the total weight of a cohort of fish by natural mortality and emigration exceed the gains to it by growth, even when the fish are only 35 cm long and presumably growing rapidly.

Neither the general production models nor the age-structured models applied so far indicate any need so far for the management of skipjack. The latter models indicate that the maximum yield per recruit from adolescent skipjack in the eastern Pacific Ocean can be obtained by fishing the individuals over 35 cm in length as hard as possible. Conceivably this could reduce the recruitment in subsequent years, but there is no evidence from the effort and CPUE data that this is so.

As pointed out previously, management should be directed toward all parts of a single population unit, rather than a part of a population unit, a mixture of several population units, or a mixture of parts of several population units. Accordingly, it is of prime importance to determine whether the skipjack occurring in the Pacific Ocean belong to one or more than one subpopulation and, if the latter is the case, where the different subpopulations occur during different times of the year and at different stages of their life histories. The Tuna Commission has recently increased its tagging of skipjack in the eastern Pacific Ocean and conducted tagging experiments in French Polynesia. A number of other organizations, especially the South Pacific Commission, have been tagging skipjack in large numbers in the western and central Pacific Ocean in recent years. Also, various organizations are striving to obtain better catch and effort data for skipjack in the western and central Pacific. When these studies are further along it may be possible to ascertain better the status of the Pacific Ocean skipjack population unit(s) with regard to fishing.

The staff of the Commission has been studying various aspects of the biology of skipjack, especially the effects of the environment on it, for a number of years. This information is currently being analyzed, and it is expected that a major report on this subject will be completed during 1983. The information in this report should be useful in evaluating the status of skipjack in the eastern Pacific Ocean and planning further studies.

#### **NORTHERN BLUEFIN**

A preliminary model describing the life history of the northern bluefin tuna appears in the IATTC's Annual Report for 1979. It is clear from this account that considerably more information is needed on the fishery and several phases of the life history of the northern bluefin.

A study of the bluefin fishery in the eastern Pacific was recently completed and published as IATTC Bulletin, Vol. 18, No. 2. For this purpose data on the catches of bluefin by area, date, vessel size class, size of school, type of school, *etc.*, were assembled and analyzed. Information of this type is necessary if an understanding of the population dynamics of this species is to be attained.

It should be determined whether there is more than one subpopulation of northern bluefin in the Pacific Ocean. The IATTC is currently conducting studies

of this nature, on a contractual basis, on northern bluefin in the Atlantic Ocean, and it is hoped that techniques will be developed which can be used for northern bluefin in the Pacific Ocean. A history of each year class should be constructed. Ideally this would include, for each year class, estimates of the numbers of fish recruited into the surface fishery of the western Pacific, the numbers of them caught each year in the western Pacific, the numbers of them migrating each year to the eastern Pacific, the numbers of them caught each year in the eastern Pacific, the numbers of them migrating each year from the eastern Pacific, and the numbers of them caught each year by the longline fishery. This information could be estimated by analysis of adequate catch statistics data, length- and age-frequency data, and tagging data. Adequate catch statistical data have been collected for many years for the surface fishery of the eastern Pacific Ocean. Those for the western Pacific surface fishery are more difficult to collect and analyze, however, as several species are combined in the catch statistics for that area. The IATTC and the Far Seas Fisheries Research Laboratory of Japan are currently working on a scheme to collect better catch statistics data for the surface fishery of the western Pacific. Length-frequency data have been collected for the eastern Pacific surface fishery each year since 1952, and there are some length- and weight-frequency data for the surface fishery in the western Pacific and for the longline fishery available. Age-frequency data for the eastern Pacific surface fishery are available for 1963 through 1969. Partially processed data for 1980 through 1982 are available from the IATTC's current sampling program for scales, otoliths, and fin rays and spines, and hopefully this program will continue to provide such data. The current tagging program should help to provide the necessary information regarding the portions of fish of various ages which emigrate from the western to the eastern Pacific and *vice versa*.

Due to lack of information on this species, it is not anticipated that there will be any recommendations for management of the fishery for northern bluefin in the eastern Pacific in the near future.





## **INFORME ANUAL DE LA COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL 1982**

### **INTRODUCCION**

La Comisión Interamericana del Atún Tropical funciona bajo la autoridad y dirección de un convenio establecido originalmente por la República de Costa Rica y los Estados Unidos de América. El convenio, vigente desde 1950, está abierto a la afiliación de otros gobiernos cuyos ciudadanos pescan atún en el Pacífico oriental tropical. Bajo esta estipulación, Panamá se afilió en 1953, Ecuador en 1961, los Estados Unidos Mexicanos en 1964, Canadá en 1968, Japón en 1970, Francia y Nicaragua en 1973. Ecuador se retiró de la Comisión en 1968, México en 1978 y Costa Rica en 1979.

Las obligaciones principales de la Comisión bajo el convenio son (a) estudiar la biología de los atunes y especies afines en el Océano Pacífico oriental para determinar las consecuencias que la pesca y los factores naturales tienen sobre su abundancia y (b) recomendar las medidas apropiadas de conservación para que las poblaciones de peces puedan mantenerse a niveles que permitan sostener capturas máximas constantes, cuando y si las investigaciones de la Comisión indican que tales medidas son necesarias.

En 1976, se acrecentaron las obligaciones de la Comisión al incluir los problemas ocasionados por la relación atún-delfín en el Océano Pacífico oriental. Se acordó que sus objetivos serían: "[1] mantener la producción atunera a un alto nivel; [2] mantener las poblaciones de delfines a niveles o sobre niveles que garanticen su supervivencia a perpetuidad; [3] trabajar en cuanto sea posible para evitar la muerte innecesaria o por descuido de los delfines en las maniobras de pesca." Los puntos específicos de participación son: (1) observar la magnitud de las poblaciones y la mortalidad incidental a la pesca, mediante la recolección de datos a bordo de embarcaciones atuneras de cerco; (2) realizar reconocimientos aéreos y marcado de delfines; (3) analizar los índices de la abundancia de los delfines y realizar estudios computarizados de simulación y (4) proceder al entrenamiento e investigación sobre las artes y el comportamiento de los delfines.

Para llevar a cabo esta labor, se le ha asignado a la Comisión que realice una amplia variedad de investigaciones tanto en el mar como en el laboratorio. Las investigaciones las realiza un personal permanente de investigadores contratados internacionalmente por el Director de Investigaciones de la Comisión, quién a su vez es directamente responsable ante los delegados de esta entidad.

El programa científico se encuentra en su XXXII año. Los resultados de las investigaciones son publicados por la Comisión en una serie de boletines tanto en inglés como en español, los dos idiomas oficiales. La revisión anual de la ad-

ministración y de los trabajos se describen en un informe anual bilingüe. Se publican otros artículos en revistas científicas exteriores de prensa y en publicaciones comerciales. Al final de 1982, la Comisión ha publicado 118 boletines, 4 informes especiales, 220 artículos en revistas exteriores de prensa y 31 anuarios. Todos estos escritos han tenido una amplia divulgación mundial, encontrándose al alcance del examen crítico de la comunidad científica del orbe.

### REUNIONES DE LA COMISION

La XL reunión de la Comisión fue convocada en La Jolla, California (EEUU) del 19 al 21 de octubre de 1982. Todos los gobiernos miembros estuvieron representados en la reunión y se encontraban observadores de Colombia, Costa Rica, España, México y Taiwan (República de China). Además fueron representadas en esta reunión la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, la International Whaling Commission y la South Pacific Commission.

La Comisión aprobó la siguiente agenda al iniciarse la reunión ciñéndose a ella durante la sesión:

1. Apertura de la reunión
2. Consideración y aprobación de la agenda
3. Análisis de la investigación actual
4. Programa atún-delfín
5. El año pesquero de 1982
6. Condición de la población del aleta amarilla y recomendaciones en 1983
7. Programa recomendado de investigación y presupuesto en el AF 1984-1985
8. Revisión de las negociaciones orientadas hacia un nuevo convenio o modificación del actual
9. Fecha y sede de la próxima reunión
10. Nombramiento de funcionarios
11. Otros asuntos
12. Clausura

La Comisión adoptó las siguientes medidas:

(1) El personal de la Comisión recomendó una cuota de captura de aleta amarilla de 170 mil toneladas americanas en el año pesquero de 1983, con el acuerdo que hubiera flexibilidad para ajustar esta cuota en forma ascendente en 1983, en el caso de que el personal hubiera subestimado la abundancia de la población. La razón de esta recomendación se presenta en el Documento Fundamental No. 2 de la reunión, que se puede obtener al solicitarlo a la Comisión. La siguiente resolución fue adoptada por la Comisión con respecto al programa de conservación del aleta amarilla en 1983:

*"Reconociendo que continúa siendo necesario un programa de conservación del atún aleta amarilla en 1983, a fin de mantener los recursos de dicha especie a un nivel que garantice una productividad continua y elevada en el futuro,*

*La Comisión Interamericana del Atún Tropical recomienda, por lo tanto, a las Altas Partes Contratantes que cuando se adopte un programa de conservación del atún aleta amarilla en 1983, debe establecerse una cuota anual para la captura total del atún aleta amarilla en el año civil de 1983, de 170,000 toneladas americanas en el ARCCA según se define en la resolución aprobada por la Comisión el 17 de mayo de 1962, y*

*Recomienda, además, que se autorice al Director de Investigaciones para que eleve este límite en no más de dos incrementos sucesivos de 15,000 toneladas americanas cada uno, si al examinar los datos disponibles, concluye que dichos incrementos no constituirán un peligro considerable para la población, y*

*Recomienda, finalmente, que todos los estados miembros y otros estados interesados se esfuercen diligentemente, para lograr que se ponga en práctica dicho programa de conservación del atún aleta amarilla en 1983."*

(2) La Comisión acordó adoptar formalmente las regulaciones financieras empleadas por la Comisión desde hace varios años. Se aprobó la siguiente resolución:

*"Considerando que los negocios de la Comisión han sido conducidos en los últimos 23 años de acuerdo a las reglamentaciones financieras formuladas por la Comisión y,*

*Considerando que la aprobación de estas reglamentaciones financieras no puede encontrarse en las actas de las reuniones de la Comisión,*

*Por consiguiente la Comisión por medio de la presente, aprueba formalmente dichas reglamentaciones en su forma actual, con excepción de que el año financiero conforme se define en la Sección II, será definido de ahora en adelante como el período del 1 de octubre al 30 de septiembre (inclusive ambas fechas)."*

(3) La Comisión acordó el presupuesto propuesto de \$2,718,180 dólares para el año fiscal de 1984-1985.

(4) La Comisión acordó que la próxima reunión anual tendría lugar en Ottawa (Canadá), del 19 al 21 de octubre de 1983.

(5) La Comisión volvió a elegir al Sr. Michael Hunter de Canadá como Presidente de la Comisión en 1983 y nombró al Sr. Jamil Urroz de Nicaragua como Secretario.

**ADMINISTRACION****PRESUPUESTO**

En la XXXVII reunión, convocada en Panamá en octubre 1979, la Comisión aprobó unánimamente el presupuesto del año fiscal (AF) 1981-1982, por la suma de \$2,460,615 dólares, presentado por el Director de Investigaciones. Esta suma era \$202,255 superior al presupuesto del AF de 1980-1981. EEUU decidió subsecuentemente reducir su contribución en el AF de 1981-1982, por \$500,000 dólares de la cantidad otorgada en el AF de 1980-1981. La consecuencia de esta severa reducción fue fijar el presupuesto total del AF 1981-1982 en \$1,799,643 dólares, una reducción de \$660,972 (-26.9%) dólares del presupuesto aprobado en la XXXVII reunión de la Comisión y una reducción de \$458,717 (-20.3%) de la suma actualmente recibida en el AF de 1980-1981. Desafortunadamente la reducción de la contribución de los EEUU en el AF de 1981-1982, no fue decidida hasta mediados de marzo de 1982, así que la Comisión tuvo que soportar el impacto de la reducción en un período de solo 6 meses. Para sobrellevar esta pérdida hubo que despedir seis empleados, se aplazó el contrato para llenar dos vacantes claves, se eliminó todo el trabajo en el mar y se redujeron significativamente otros programas de investigación.

**DECLARACION FINANCIERA**

Las cuentas financieras de la Comisión del año fiscal 1981-1982, fueron revisadas por Peat, Marwick, Mitchell y Co. Se presenta a continuación un sumario de las tablas del informe de esta Cía.:

**COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL**  
**Balance General**  
**30 de Septiembre de 1982**

*Activo*

## Activo circulante:

Efectivo	\$ 139,794
Certificados de depósito	100,000
Cuentas a cobrar	30,408
Anticipos y depósitos	27,655
	<hr/>
Activo total circulante	297,857

## Propiedad raíz, al costo

325,775

---

**\$ 623,632**

---

*Pasivo y Balance de los Fondos*

## Pasivo circulante:

Cuentas por pagar	75,880
Gastos acumulados por pagar	225,675
	<hr/>
Pasivo total circulante	301,555

## Balance de los fondos:

Fondo general (deficiencia)	(3,698 )
Fondo propiedad raíz	325,775
	<hr/>
Balance total de los fondos	322,077

---

**\$ 623,632**

---

**COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL**  
**Declaración de los Cambios en la Situación Financiera**  
**Correspondiente al año fiscal que termina el 30 de septiembre de 1982**

Utilización del capital de trabajo:

Fondos usados en los trabajos:

Exceso de gastos sobre los ingresos	\$ 285,380
Adquisición de propiedad raíz	10,775
	<hr/>
Reducción en el capital de trabajo	<u><u>\$ 296,155</u></u>

Cambios en los elementos del capital de trabajo:

Aumento (reducción) del activo circulante:

Efectivo	4,946
Certificados de depósito	(260,000 )
Cuentas por cobrar – contratos	(92,785 )
Anticipos y depósitos	(13,136 )
	<hr/>
	(360,975 )

Aumento (reducción) en el pasivo circulante:

Cuentas por pagar	(137,029 )
Gastos acumulados por pagar	72,209
	<hr/>
	(64,820)
	<hr/>
Reducción en el capital de trabajo	<u><u>\$ 296,155</u></u>

**COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL**  
**Declaración de Ingresos y Gastos**  
**Correspondiente al año fiscal que termina el 30 de septiembre de 1982**

**Ingresos:**

Contribuciones de los gobiernos para los gastos combinados:

Estados Unidos de América	\$ 1,714,500
Canadá	65,574
Japón	11,722
Francia	7,902
Nicaragua	1,000

Contribuciones totales	1,800,698
------------------------	-----------

Ingresos por contrato	124,471
Ingresos por interés	30,698
Otros ingresos	72,486

Ingresos totales	2,028,353
------------------	-----------

**Gastos:**

Sueldos	1,405,493
Beneficios laborales	231,540
Gastos por contratos	166,829
Gastos de viajes	141,763
Gastos de los observadores	83,179
Imprenta y franqueo	77,401
Legales y profesionales	60,171
Materiales y suministros	56,518
Renta y servicios publicos	32,855
Seguros e impuestos	15,882
Pérdida en la conversión de monedas extranjeras	14,146
Teléfono y telégrafo	9,897
Recompensa por peces marcados	3,774
Misceláneo	14,285

Gastos totales	2,313,733
----------------	-----------

Exceso de gastos sobre ingresos	\$ 285,380
---------------------------------	------------

**COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL**  
**Declaración de los Cambios en el Balance de los Fondos**  
**Correspondiente al año fiscal que termina el 30 de septiembre de 1982**

	<u>Balance ilimitado de los fondos</u>	<u>Fondo propiedad raíz</u>	<u>Total</u>
Balance hasta el 30 de septiembre como se informó anteriormente	384,052	315,000	699,082
Cambios en el método de la contabilidad correspondiente al pago de las vacaciones	(91,595 )	-	(91,595 )
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
Balance hasta el 30 de septiembre de 1981, conforme se declaró	292,457	315,000	607,457
Exceso de gastos sobre los in- gresos	(285,380 )	-	(285,380 )
Traspaso para la adquisición de propiedad raíz	(10,775 )	10,775	-
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
Balance hasta el 30 de septiembre de 1982	<u>\$ (3,698 )</u>	<u>325,775</u>	<u>322,077</u>



## COLABORACION ENTRE ENTIDADES AFINES

Los investigadores en 1982, continuaron manteniendo en estrecho vínculo tanto al nivel nacional como internacional con instituciones y organizaciones investigadoras universitarias, gubernamentales y privadas. Esta reciprocidad permite que los investigadores se mantengan al frente de la evolución y rápido desarrollo que se presenta actualmente en la oceanografía y en la investigación pesquera mundial. Se describen a continuación algunos de los aspectos en este campo.

La casa matriz de la Comisión se encuentra en los terrenos de Scripps Institution of Oceanography en La Jolla (California). Este es uno de los centros principales del mundo en cuanto a ciencias marinas, siendo el centro de muchas oficinas federales y estatales de pesca, oceanografía y ciencias subordinadas. Esto ofrece una excelente oportunidad para que el personal se mantenga en comunicación diaria con científicos de estas entidades.

Se continuó durante el año la relación muy cordial y productiva con la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico, la Comisión Permanente del Pacífico Sur, la South Pacific Commission, la Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y otros organismos internacionales.

Además, en 1982, la Comisión mantuvo estrecho vínculo de trabajo con las oficinas e institutos pesqueros de los países miembros y también con entidades similares en otros países de Asia, Europa, Hispanoamérica y las islas del Pacífico. Presentamos a continuación varios ejemplos concretos.

En 1982, la Comisión continuó con el proyecto de marcado del *Thunnus thynnus* en la parte meridional del Japón, en colaboración con el Japanese Far Seas Fishery Research Laboratory en Shimizu. Este proyecto se inició en 1980; se han marcado 4,379 *T. thynnus* pequeños y los datos de las recapturas han suministrado algunos conocimientos muy importantes referentes al crecimiento y desplazamiento de esta especie.

El Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica continuó colaborando con la CIAT durante todo el año de 1982, en la labor de recolectar muestras biológicas en Puntarenas, para un estudio de la Comisión.

Mediante la gentil colaboración de la Dirección de Recursos Marinos de Panamá y del Gobernador de la Provincia de los Santos de ese país, la Comisión ha comprado 10 hectáreas en la Bahía Achiotines al nordeste de Cabo Mala en la parte occidental de Panamá, para establecer un laboratorio experimental con el fin de investigar los primeros estadios de vida de los atunes. El gobierno panameño ha construido un camino entre la propiedad y la carretera principal y se ha terminado una nivelación preliminar del lugar.

### OFICINAS REGIONALES

La Comisión, además de sus oficinas principales en La Jolla (California), tiene oficinas regionales en varios centros industriales e importantes de atún.

En Terminal Island (California), se encuentra una oficina con dos investigadores. El personal aquí se encarga principalmente en recolectar y recopilar las estadísticas de captura y esfuerzo, anotar los desembarques y medir atunes. Recuperan además las marcas de los atunes y obtienen según sea necesario otra información biológica, estadística y de la pesca en general.

Existe una oficina similar en Mayaguez (Puerto Rico) con dos empleados permanentes que, a su vez, contratan ayuda temporal. Visitan también regularmente Ponce, el otro puerto más importante de atún en Puerto Rico.

En Ensenada (Baja California, México), el puerto atunero más importante de ese país, se encuentra un técnico permanente, quien visita también otros puertos atuneros de México. Dedicar la mayor parte de su tiempo en medir atunes y obtiene además otros datos científicos de pesca.

En Panamá se encuentran dos empleados que trabajan en obtener los registros de bitácora de las embarcaciones que trasbordan su carga, en ese país, a frigoríficos y de las embarcaciones que pasan a través del Canal de Panamá para descargar en puertos del Atlántico o pescar en el Océano Atlántico después de haber pescado en el Océano Pacífico oriental. Dedicar también parte de su tiempo en medir atunes en Panamá y en obtener tres o cuatro veces al año estadísticas atuneras en Puntarenas (Costa Rica).

La Comisión tiene dos empleados en Manta (Ecuador). La considerable industria atunera del Ecuador se centraliza allí; Salinas, Posorja y Guayaquil son los otros tres puertos importantes y se encuentran a una distancia conveniente de Manta. El personal de la Comisión en Ecuador trabaja principalmente en la obtención de datos estadísticos de captura, pero dedica también su tiempo en medir atunes y en recolectar otros datos biológicos. Obtiene también, de vez en cuando, estadísticas atuneras en Colombia y Venezuela.

En el Perú, la Comisión tiene un empleado permanente que se encuentra estacionado en Coishco; éste obtiene datos estadísticos de captura y otra información biológica y pesquera en Coishco, Salaverry y Paita, los tres puertos principales de atún.

### PUBLICACIONES E INFORMES

La pronta y completa publicación de los resultados de investigación es uno de los elementos más importantes del programa científico de la Comisión. Por este medio los gobiernos miembros, la comunidad científica y el público en general se

enteran corrientemente de los resultados científicos de los investigadores de la Comisión. La publicación de los datos básicos, métodos de análisis y las conclusiones obtenidas, ofrecen la oportunidad de que sean revisados críticamente por otros investigadores, atestiguando así la validez de los resultados logrados por el personal científico de la Comisión, despertando al mismo tiempo el interés de otros investigadores en dicha labor.

La Comisión divulga en su serie de boletines las investigaciones de sus científicos y de otros investigadores colaboradores. En 1982, se editó en esta serie otra publicación en inglés y español:

Boletín, Volumen 18, No. 2-Observaciones sobre la pesca con redes de cerco del atún aleta azul del norte (*Thunnus thynnus*) en el Océano Pacífico oriental, por T. P. Calkins. 1982.

La Comisión publicó otro informe especial en 1982:

Hammond, P.S. (editor). 1981. Informe del grupo de trabajo sobre la interacción atún-delfín, Managua, Nicaragua. Inf. Esp. de la CIAT No. 4, 259 pp.

En este informe se incluyen los siguientes estudios escritos por el personal de la Comisión como documentos básicos del grupo de trabajo:

Hammond, P.S. Mortalidad natural de los delfines. 173-184.

Laake, J.L. Estimación de la abundancia de los delfines en el Pacífico oriental tropical según el muestreo de la derrota - una comparación de las técnicas y propuestas de investigaciones futuras. 186-226.

Scott, M.D. Existencias de delfines en el Pacífico oriental tropical. 229-240.

Se terminó además otro informe interno de la Comisión en 1982:

Schaefer, K.M. 1982. Length-weight relationship of the black skipjack, *Euthynnus lineatus*. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Internal Report, 17: 15 pp.

Además de las publicaciones e informes anteriores, los investigadores publicaron ocho escritos en otras revistas:

Irvine, A. Blair, Michael D. Scott, Randall S. Wells, and John H. Kaufmann. 1981. Movements and activities of the Atlantic bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*, near Sarasota, Florida. Fish. Bull. 79 (4): 671-688.

Allen, R.L. and M.D. Goldsmith. 1982. Dolphin mortality in the eastern tropical Pacific incidental to purse seining for yellowfin tuna, 1980. Rep. Int. Whal. Commn. 32: 419-421.

Carey, Francis G. and Robert J. Olson. 1982. Sonic tracking experiments with tunas. ICCAT Collective Volume of Scientific Papers. XVII (2): 458-466.

Hughes, G., P.S. Hammond and W.G. Des Vignes. 1982. Population cycles of the small moth-borers of sugar cane, *Diatraca* spp., and their primary and secondary parasitoids, in Trinidad, West Indies, Agro-Ecosystems 8: 13-25.

Irvine, A.B., R.S. Wells, and M.D. Scott. 1982. An evaluation of techniques for tagging small odontocete cetaceans. Fish. Bull. 80 (1): 135-143.

Olson, Robert J. 1982. Feeding and energetics studies of yellowfin tuna, food for ecological thought. ICCAT Collective Volume of Scientific Papers. XVII (2): 444-457.

Scott, Michael D. and James A. Powell. 1982. Commensal feeding of little blue herons with manatees. Wilson Bulletin 94 (2): 215-216.

Stevenson, Merritt R. 1981. Variaciones estacionales en el Golfo de Guayaquil, un estuario tropical [en español y en inglés]. Bol. Cient., Inst. Pesca, Ecuador (4) 1: 134 pp.

## LA PESCA EN 1982

### RESUMEN

Las embarcaciones de 15 naciones (Bermuda, Canadá, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, España, Estados Unidos de América, las Islas Caimán, Japón, México, Panamá, Perú, la Unión Soviética y Venezuela) pescaron atún en el Océano Pacífico oriental en 1982. Estos barcos capturaron principalmente atún aleta amarilla y barrilete, junto con algunas pequeñas cantidades de otros atunes. Los tres tipos principales de arte empleados en las capturas en orden de importancia fueron: redes de cerco, caña y sedal y palangres.

Debido a la gran explotación, la pesca del atún aleta amarilla estuvo desde 1966 hasta 1979, bajo administración internacional, pero hasta ahora no se ha presentado la necesidad de aplicar estas medidas de conservación a otras especies de túnidos obtenidas por la pesca en el Pacífico oriental. La zona en la que se aplica el programa de conservación del atún aleta amarilla, denominada Area Reglamentaria de la Comisión de Aleta Amarilla (ARCAA), se presenta en la Figura 1.

En la XXXVII reunión convocada en octubre de 1979, la Comisión no llegó a un acuerdo sobre el programa de conservación del atún aleta amarilla en 1980, sin embargo, se acordó luego una cuota de 165 mil toneladas americanas con la estipulación de aumentarla a discreción del Director de Investigaciones, pero esta

cuota nunca llegó a ser vigente. En las reuniones XXXVIII y XXXIX, celebradas en octubre de 1980 y en octubre de 1981, el personal de la Comisión recomendó que se fijaran las cuotas en 160 mil toneladas, con la estipulación de aumentarlas, según el criterio del Director. Estas fueron aprobadas, pero no se hicieron vigentes. En la XL reunión celebrada en octubre de 1982, el personal de la Comisión recomendó una cuota de 170 mil toneladas para 1983, estipulando de nuevo que se aumentaría si el Director así lo juzgaba. La cuota fue aprobada de nuevo (véase la resolución anterior) pero sin que se haya hecho vigente.

Desde 1965 hasta 1982, la capacidad general de la flota internacional que pesca atún en el Océano Pacífico oriental aumentó de 48,712 a 170,559 toneladas. En 1982, esta flota capturó 118,535 toneladas de aleta amarilla y 105,948 toneladas de barrilete en el ARCAA. Además de la captura del ARCAA, los barcos cerqueros que pescan al oeste del ARCAA pero al este de los 150°W capturaron 19,794 toneladas de aleta amarilla y 3,179 toneladas de barrilete. Además siete barcos que participaron en la pesca del ARCAA en 1982, pescaron también en el Océano Atlántico, en el Mar Caribe o en ambos y capturaron allí 6,488 toneladas de atún aleta amarilla y 3,570 toneladas de barrilete. Finalmente, nueve barcos que pescaron en el Pacífico oriental en 1982, pescaron también en el Pacífico occidental ese año; estos barcos capturaron allí 5,755 toneladas de aleta amarilla y 10,593 toneladas de barrilete.

La captura de aleta amarilla en el ARCAA en 1982, fue la más baja que se haya anotado desde 1971. Esta captura baja refleja parcialmente la fuerte pesca de 1977 a 1981, que redujo significativamente la magnitud de la población, pero aún más importante fue el resultado de la reducción en el esfuerzo de pesca en 1982. La reducción de captura en 1982, ha aumentado la magnitud de la población, lo que debe resultar en un aumento de la captura por unidad de esfuerzo y también en un incremento en las capturas, a no ser que el esfuerzo se reduzca aún más en 1983. Este asunto se examina detalladamente en la sección de este informe titulada "Condición de las poblaciones de atún en 1982 y perspectivas en 1983."

## ESTADISTICAS DE CAPTURA Y DESEMBARQUE

Las capturas de aleta amarilla, barrilete y patudo en el ARCAA, obtenidas por la flota atunera del Océano Pacífico oriental desde 1961 a 1982, se presentan en la parte A de la Tabla 1. Las cifras de captura del aleta amarilla y barrilete se encuentran esencialmente completas con excepción de cantidades insignificantes obtenidas por algunas pescas deportivas y artesanales. Las capturas epipelágicas de estas tres especies obtenidas en la zona al oeste del ARCAA, pero al este de los 150°W, se presentan también en esta parte de la Tabla 1. Las capturas palangreras de aleta amarilla en el ARCAA se incluyen con las de esta especie capturadas por otras artes en esta zona, pero esta rutina no se sigue en el caso de otras especies en el ARCAA. Las capturas palangreras de otras zonas se excluyen de las estadísticas de captura de todas las especies.

La flota atunera del Pacífico oriental está formada por aquellos barcos que pescaron aleta amarilla, barrilete o aleta azul en el ARCAA todo el año o parte de éste. Algunos de estos barcos, como son los cerqueros de gran porte y los barcos de carnada, pescan casi exclusivamente estas especies; en cambio otros, especialmente los de pequeño porte, pescan en su mayoría durante todo el año otras especies de atún. Por ejemplo, la mayoría de los caceros (pesca con curricán) pescan normalmente albacora en la costa occidental de los EEUU, pero a veces se dedican a pescar atún tropical cuando la pesca de albacora es pobre. Además, algunos barcos que se encuentran equipados principalmente para pescar otras especies que no son atunes, cambian ocasionalmente los aparejos pesqueros para participar en la pesca del atún aleta amarilla, barrilete o aleta azul. Por ejemplo, algunos pequeños cerqueros que normalmente llevan redes para pescar anchovetas, sardinas o caballas, equipan algunas veces sus embarcaciones temporalmente para pescar atunes. Cuando estos barcos de pequeño porte están pescando albacora, bonito, barrilete negro u otras especies que no son atunes, la Comisión incluye sus capturas en el sistema estadístico solo, si durante el año, alguna parte de sus capturas consiste en atún aleta amarilla, barrilete o aleta azul del ARCAA.

Las capturas de otros atunes (atún aleta azul, bonito, albacora y barrilete negro) obtenidas por la flota atunera del Pacífico oriental en el Pacífico oriental, se presentan en la parte B de la Tabla 1. La suma total del aleta azul y del albacora no incluye las capturas de estas especies obtenidas por embarcaciones palangreras; además, debe considerarse que la pesca deportiva obtiene cantidades substanciales de bonito, albacora y barrilete negro, como también otras embarcaciones que no se consideran como parte de la flota atunera del Pacífico oriental. Por ejemplo, en 1982, la captura total de albacora obtenida por la flota epipelágica de los EEUU en el Pacífico oriental fue de unas 8,000 toneladas, de las cuales la flota atunera antes mencionada descargó solo 548 toneladas.

Las capturas de atún aleta amarilla, barrilete y patudo obtenidas por la flota atunera del Pacífico oriental en el Pacífico occidental y en el Océano Atlántico se presentan en la parte B de la Tabla 1. Estas cantidades representan, en realidad, solo una pequeña fracción de la suma total de estas especies capturadas en estas dos zonas, ya que otras flotas pescan también allí.

La estimación preliminar de la captura de atún aleta amarilla en el ARCAA en 1982, de 118,535 toneladas es 56,886 toneladas inferior a la captura del ARCAA en 1981 y 62,093 toneladas inferior al promedio anual de captura de los últimos cinco años. Se incluyen en la captura del ARCAA 11,595 toneladas de aleta amarilla, capturadas en las zonas experimentales de pesca descritas en la Figura 1.

La estimación preliminar de la captura de barrilete en el ARCAA en 1982, es de 105,948 toneladas, 16,988 toneladas inferior a la registrada durante 1981 y 27,554 inferior al promedio de captura de los últimos cinco años. La captura de

barrilete en el ARCAA incluye 8,065 toneladas obtenidas en las zonas experimentales de pesca.

La estimación preliminar en 1982, de la captura combinada de atún aleta amarilla y barrilete en el ARCAA de 224,483 toneladas es 73,874 toneladas inferior a la captura de 1981 y 89,646 toneladas inferior al promedio de los últimos cinco años.

Las estimaciones preliminares de las capturas de aleta amarilla y barrilete en la zona entre los límites del ARCAA y los 150°W, en 1982, fueron respectivamente 19,794 y 3,179 toneladas, un total combinado de 22,973 toneladas, que es 11,379 toneladas inferior a la captura de 1981 y 5,183 toneladas inferior al promedio anual de captura de los últimos cinco años.

La captura combinada de todas las especies, en todas las zonas de pesca en 1982, presentada en la Tabla 1 (288,474 toneladas) fue 88,460 toneladas inferior a la de 1981 y 102,704 toneladas inferior al promedio de los últimos cinco años.

Las capturas anuales de atún aleta amarilla, barrilete y varios otros atunes obtenidas en el ARCAA y en la zona adyacente al oeste de la misma, por la flota del Pacífico oriental se presentan en la Tabla 2, por abanderamiento de los barcos. La distribución de la captura entre los barcos abanderados cambió considerablemente en 1982, en comparación a 1981. Al emplear como base de comparación la captura total de todas las especies del ARCAA en 1981 (y al excluir cambios inferiores a 500 toneladas), se observan los siguientes incrementos en la captura: Panamá (+26%) y Ecuador (+6%). Los siguientes países capturaron menos: Perú (-96%), Costa Rica (-90%), España (-73%), México (-46%), Venezuela (-39%) y los EEUU (-20%). Las embarcaciones de las Antillas holandesas y Portugal obtuvieron capturas en 1981, pero no en 1982.

La distribución geográfica de las capturas registradas de atún aleta amarilla en 1982, obtenidas por barcos cerqueros en el Océano Pacífico oriental se presentan en la Figura 2. La captura de atún aleta amarilla comparada con la de 1981, fue inferior en la mayoría de las zonas pesqueras. El número de zonas de 1 grado que produjeron 500 o más toneladas registradas de esta especie en 1982, es un tercio inferior al de 1981. La captura de aleta amarilla en 1982, fue especialmente pobre al norte de los 15°N de latitud. En 1979-1981, la captura anual registrada de aleta amarilla en esta zona, tuvo un promedio de unas 50 mil toneladas, en cambio en 1982, la captura fue solo de unas 22 mil toneladas. Además, en 1982, la captura de aleta amarilla en las zonas de pesca meridionales, especialmente al sur y al sudeste de las Islas Galápagos fue inferior a la de 1981.

La distribución geográfica de la captura registrada de barrilete en 1982, se presenta en la Figura 3. Igual que con la del aleta amarilla, la captura de barrilete fue inferior en la mayoría de las zonas, si se compara con la distribución de captura de 1981. Una zona, cerca al ecuador, aproximadamente a los 80°W de

longitud, tuvo un incremento substancial en la captura de barrilete. La captura de esta especie en el Golfo de Guayaquil en 1982, fue pobre comparada con la de los años anteriores.

En la Tabla 3 se presentan las capturas combinadas y registradas (cerqueros y barcos de carnada) de aleta amarilla y barrilete, obtenidas durante 1978-1982, en viajes sin reglamentar y reglamentados en el ARCAA por seis zonas latitudinales. Las capturas obtenidas en las zonas experimentales de pesca en esos años se excluyen de las capturas del ARCAA. La zona más importante de captura de aleta amarilla en el ARCAA en 1982, fue de los 5°N a los 15°N de latitud, en dónde se registró cerca del 56% de la captura anual. Además, se informó que el 45% de la captura combinada de aleta amarilla y barrilete provino de esta zona. La zona más importante de captura de barrilete fue desde la línea ecuatorial a los 10°N de latitud en la que se registró el 54% de la captura anual.

### LA FLOTA ATUNERA DEL OCEANO PACIFICO ORIENTAL

La Comisión mantiene archivos sobre las artes, bandera y capacidad de acarreo de la mayoría de las embarcaciones que pescan aleta amarilla, barrilete o atún aleta azul en el Océano Pacífico oriental. No se tienen archivos de barcos individuales palangreros que pescan en el ARCAA, ni de canoas y otras embarcaciones pequeñas.

Las embarcaciones se clasifican por clase de arqueo, basados en su capacidad de acarreo, en la siguiente forma: clase 1, menos de 51 toneladas; clase 2, 51-100 toneladas; clase 3, 101-200 toneladas; clase 4, 201-300 toneladas; clase 5, 301-400 toneladas y clase 6, más de 400 toneladas. Se examinan anualmente los registros de descargue de cada embarcación y se ajusta la capacidad de acarreo cuando es necesario. En las embarcaciones nuevas se emplean los cálculos de la capacidad de acarreo de los propietarios o armadores. En lo referente a las pequeñas embarcaciones de carnada que realizan viajes diarios y algunos de los barcos con curricán, se emplea la capacidad declarada de sus dueños o capitanes; si se conoce el tonelaje registrado, se estima la capacidad de acarreo según la relación que tengan estos dos valores con otros barcos del mismo tipo. Si no es posible obtener esta información se asigna al barco una capacidad de 25 toneladas. Las embarcaciones que se van a pique o abandonan la pesca después de haber pescado durante el año se incluyen en la flota de ese año. Las embarcaciones que cambian de pabellón se enumeran bajo la nueva bandera si iniciaron por lo menos un viaje bajo ese pabellón durante el año.

El número de embarcaciones y la capacidad de acarreo de la flota atunera del Pacífico oriental en 1982, se presenta en la Tabla 4, por bandera, arte y clase de arqueo. En 1982, participaron en la pesca epipelágica del Pacífico oriental embarcaciones de 14 naciones (12 en la Tabla 4, más Colombia y Perú). Se han omitido a estos países de la tabla ya que las capturas de estos países fueron obtenidas por



barcos pequeños de los que la Comisión no mantiene archivos. En términos de la capacidad, la flota en 1982, estuvo formada el 98.3% por embarcaciones cerqueras, el 1.6% por embarcaciones de carnada y menos del 0.1% por bolicheros y barcos con curricán. En términos del número de barcos, los cerqueros formaron el 84.0%, los de carnada 13.7% y los bolicheros y barcos con curricán 2.3%.

Las Antillas holandesas, Perú y Portugal tuvieron barcos pescando en 1981, pero no en 1982. Las flotas de México y la URSS aumentaron en capacidad en 1982, al compararlas con 1981, la capacidad de la flota de Canadá (un barco) permaneció igual en 1982 y las flotas de todos los demás países se redujo en capacidad en 1982. Algunos de los cambios más notables que ocurrieron en la flota en 1982, son: México agregó cinco cerqueros nuevos de la clase 6 de arqueo y adquirió otros cuatro mediante cambios de bandera. Perdió tres cerqueros de la clase 6 por cambio de bandera, tres se fueron a pescar a otras zonas y uno permaneció inactivo. Estos cambios y algunos que incluyen pequeños barcos resultaron en una ganancia neta de unas 700 toneladas. Los EEUU agregaron 4 cerqueros nuevos de la clase 6, otros dos volvieron a entrar en la pesca y se agregaron otros 6 por cambio de bandera, ocho se fueron a pescar a otras zonas y cinco estuvieron inactivos. Esto y los cambios que incluyen barcos más pequeños, resultó en una pérdida neta de unas 2,600 toneladas. La flota de Panamá se redujo en unas 4,100 toneladas debido a la pérdida de tres cerqueros de la clase 6; uno cambió de bandera, otro se fue a pescar a otro lugar y uno estuvo inactivo.

Se presenta a continuación el número de embarcaciones y la capacidad de acarreo de la flota internacional que pescó en el Océano Pacífico oriental desde 1965 hasta 1982 y el cambio en la capacidad de acarreo con relación al año anterior:

Año	Número de Embarcaciones	Capacidad	Cambio en la capacidad
1965	282	48,712	
1966	250	46,305	- 2,407
1967	244	46,488	+ 183
1968	265	58,125	+11,637
1969	264	63,656	+ 5,531
1970	285	73,822	+10,166
1971	358	95,569	+21,747
1972	379	120,942	+25,373
1973	358	139,568	+18,626
1974	336	152,581	+13,013
1975	335	169,420	+16,839
1976	397	184,864	+15,444
1977	365	183,298	- 1,566
1978	367	186,791	+ 3,493
1979	321	186,887	+ 96
1980	321	189,426	+ 2,539
1981	290	186,886	- 2,540
1982	262	170,559	-16,327

Debido a la construcción de nuevos cerqueros de gran porte, la capacidad de la flota aumentó substancialmente cada año entre 1968 y 1976, ganando unas 138 mil toneladas. Entre 1976 y 1981, la capacidad de la flota permaneció bastante estable con una ganancia neta de unas 2,000 toneladas. Aunque la construcción de nuevos barcos continuó, ésta fue compensada por los barcos que se han retirado de la pesca y por los barcos que han zozobrado. En 1982, la capacidad de la flota se redujo en unas 16,327 toneladas, debido principalmente a los barcos que se retiraron del Pacífico oriental para pescar en otras zonas o a barcos que han estado inactivos.

En 1982, el número de palangreros japoneses que maniobraron en el ARCAA fluctuó de 19 a 61 por mes. Además de estos barcos se encuentran unos pocos palangreros maniobrando a la altura de Ensenada (México) y frente a puertos ecuatorianos.

## INVESTIGACION EN 1982

### ABUNDANCIA DE ATUNES Y RESULTADOS DE PESCA

#### *Orientación anual de la captura por día normal de pesca*

Los investigadores de la Comisión emplean la captura por día normal de pesca (CPDNP) como un índice de la abundancia relativa y aparente del aleta amarilla y del barrilete y, también, como un índice del éxito relativo de pesca. La CPDNP se calcula según los datos de bitácora que se obtienen de la mayoría de las embarcaciones que pescan atún en el Océano Pacífico oriental. La CPDNP se encuentra afectada por los cambios temporales y geográficos de la disponibilidad y vulnerabilidad de los peces, como también por la variabilidad en la distribución del esfuerzo pesquero. Se pueden calcular algunos de estos cambios y corregir la CPDNP basados en estos cambios; se supone que otros se compensan a la larga. Desde el comienzo de la década de 1960, la mayor parte del atún aleta amarilla y del barrilete ha sido capturada por embarcaciones con redes de cerco; por lo tanto, la CPDNP de estas embarcaciones sirve como un índice principal para examinar los cambios en la abundancia relativa y aparente.

Las estimaciones anuales de la CPDNP (toneladas americanas) del aleta amarilla y del barrilete, de 1960-1982, en el ARCAA, se presentan en la Figura 4. Los valores de 1982 son preliminares.

#### *CPDNP del atun aleta amarilla*

No hubo restricción en la pesca del atún aleta amarilla hasta 1966 y para calcular la CPDNP se emplearon todos los registros de bitácora de los barcos que llenan ciertos requisitos sobre la composición de las especies y la precisión de los datos. Desde 1966 hasta 1980, cuando estuvieron vigentes las reglamentaciones que limitaban la captura del aleta amarilla, se emplearon solo los datos de viajes

sin reglamentar para calcular la CPDNP. A comienzos de 1962, se ajustó la CPDNP del aleta amarilla con relación a los cambios en la proporción de los lances positivos para corregir los datos de acuerdo a los cambios ocurridos en la eficacia de las artes.

La CPDNP anual llegó a su máximo en 1960 (aproximadamente 8 toneladas diarias). Esto fue en la época en que las redes de cerco llegaron a dominar la pesca. La CPDNP se redujo fuertemente en 1961 y 1962, reduciéndose a unas 3 toneladas diarias en ese último año y permaneció cerca a ese nivel en 1963. La CPDNP aumentó moderadamente en 1964, pero el índice se redujo en 1965, hasta alcanzar casi el nivel de 1962-1963. En 1966, la CPDNP empezó a incrementarse y este aumento llegó a ser más prominente en 1967 y 1968, cuando la pesca se extendió más lejos mar afuera. La CPDNP alcanzó unas 6 toneladas diarias en 1968 y permaneció a ese nivel en 1969 y 1970. Se presentó una fuerte reducción en 1971, pero en 1972, la CPDNP volvió al nivel de 1968-1970. En 1973, la CPDNP empezó a reducirse, excepto en 1976, cuando se presentó un pequeño incremento sobre el índice del año anterior, y esta merma perduró hasta 1980, cuando la CPDNP se había reducido a unas 2 toneladas diarias. Se presentó un pequeño incremento en el índice de 1981, pero el valor preliminar de 1982, es algo inferior al de 1980.

#### ***La CPDNP del barrilete***

Las estimaciones anuales de la CPDNP del barrilete en el ARCAA en 1960-1982, se presentan en el recuadro inferior de la Figura 4. Durante este período la CPDNP ha fluctuado de un nivel bajo, justamente menos de 1 tonelada diaria en 1960, a un nivel elevado de 6.5 toneladas diarias en 1967. Aparecieron otros niveles bajos en 1972 y 1973, cuando la CPDNP fue justamente algo superior a 1 tonelada diaria. Otros niveles elevados se presentaron en 1963 y 1971, cuando el índice alcanzó aproximadamente 4 toneladas diarias y en 1978, cuando fue cerca de 3.5 toneladas diarias. En el período de 1979-1982, el índice ha sido bastante estable, con un promedio de unas 2.5 toneladas diarias.

#### ***Captura por tonelada de capacidad de acarreo (CPTCA)***

La captura por tonelada de capacidad de acarreo (CPTCA) sirve como un índice para examinar los cambios relativos de las ganancias brutas de las diferentes capacidades de los barcos de un año a otro. La CPTCA se calcula al dividir la captura total de todos los barcos de una clase determinada de arqueo por el tonelaje total de la capacidad de acarreo de esa clase. Esto se hace con referencia a cada especie y todas las especies combinadas. Las embarcaciones empleadas incluyen toda la flota cerquera internacional que pesca en el Pacífico oriental, de 101 o más toneladas de capacidad de acarreo, que han pescado sin reglamentación cada año en el ARCAA. Las embarcaciones se han clasificado de acuerdo a la clase de arqueo en la forma siguiente: clase 3, 101-200 toneladas; clase 4, 201-300 toneladas; clase 5, 301-400 toneladas; clase 6, 401-600

toneladas; clase 7, 601-800 toneladas; clase 8, 801-1000 toneladas; clase 9, 1001-1200 toneladas; clase 10, más de 1201 toneladas.

En la Tabla 5 se presenta la CPTCA de 1972-1982, por clase de arqueo y por todas las clases combinadas de arqueo, de atún aleta amarilla, barrilete, otras especies y todas las especies combinadas. Las "otras especies" incluyen *Thunnus obesus*, *Thunnus thynnus*, *Sarda chiliensis*, *Thunnus alalunga*, *Euthynnus lineatus* y cantidades pequeñas de otras tres o cuatro especies. Las capturas de las otras especies, forman, en algunos años, una porción importante de toda la captura de las embarcaciones de la clase 3, 4 y 5, pero no contribuye demasiado a la captura de las embarcaciones de gran porte. Los valores de 1982, son preliminares.

En el período de 1972-1982, ha habido una tendencia descendente en la CPTCA del aleta amarilla en todas las clases de arqueo de las embarcaciones. En lo que se refiere a las clases de arqueo que forman la mayor parte de la flota (clases 6-10), el descenso ha sido más pronunciado en las clases 6, 7 y 8 que para las clases 9 y 10. La CPTCA del aleta amarilla 0.89 en 1982, de todas las clases combinadas de arqueo, es la más baja en la serie de 11 años. La CPTCA del barrilete ascendió en la mayoría de las clases entre 1972 y 1974. Desde 1974, el índice no ha demostrado una tendencia constante ya sea ascendente o descendente, al menos en lo que se refiere a los barcos de gran porte. El valor en 1979-1982, de todas las clases combinadas de arqueo se aproxima a 0.80.

#### **Normalizacion de los índices de captura**

El índice de la proporción de captura usado actualmente por la Comisión, la CPDNP, emplea los días de pesca como la medida del esfuerzo y normaliza el esfuerzo de los barcos de diferentes capacidades, usando el método de las razones. En este estudio el esfuerzo de pesca ha sido definido como el tiempo transcurrido entre los lances positivos y, se han normalizado los índices de capturas según una serie de características del barco, condiciones ambientales y modas de pesca, empleando un modelo lineal y generalizado.

Las características del barco que se emplean son la capacidad del barco (0-499 toneladas, 500-999 toneladas y 1000 o más toneladas), su velocidad, antigüedad, si recibe o no ayuda aérea, longitud y altura de la red. Las variables ambientales son la temperatura de la superficie del mar y la velocidad del viento. Los índices de captura fueron calculados usando datos ininterrumpidos de cada viaje de pesca realizado en cada mes y cada zona de 5°. Estos índices de captura se consideraron como observaciones individuales y se clasificaron por zona (en el ARCAA y fuera de la misma), trimestres del año, capacidad de los barcos y moda de pesca.

La moda de pesca fue determinada por la proporción de los lances de diferente tipo en cada mes y zona de 5°. Se definió como "delfín" si dos terceras partes o más de la captura del aleta amarilla, barrilete o de ambos se obtuvo en

lances asociados con delfines o, "cardúmenes de peces u objetos flotantes" si dos terceras partes o más de la captura provino de lances sobre cardúmenes de peces no asociados con delfines o sobre objetos flotantes. Como algunas categorías en la clasificación final no tienen observaciones o muy pocas, por ejemplo, los meses y zonas de 5° en los que no predominó ningún tipo de moda de pesca, se emplean solo tres combinaciones de zona y moda de pesca en el modelo lineal. Estas fueron, los estratos de los cardúmenes de peces y objetos flotantes en el ARCAA, los estratos de los delfines en el ARCAA y los estratos de los delfines fuera de la misma.

Se investigaron los efectos de estos parámetros en el logaritmo de los índices de captura del aleta amarilla, empleando los datos de 1970 a 1982. Los datos de 1982, no están completos y, por consiguiente, las estimaciones son preliminares. Después de eliminar las variables que no tuvieron consecuencias importantes, se obtuvo el análisis de la varianza presentado en la Tabla 6.

Después de ajustar los datos tomando en cuenta el efecto de cada factor importante, se calculó la abundancia aparente de cada una de las tres combinaciones principales de zona y moda de pesca, las que se presentan en la Figura 5.

Todos los recuadros en la Figura 5 indican una reducción en el índice de captura desde 1970, siendo la más marcada la de los estratos de los cardúmenes de peces y objetos flotantes en el ARCAA, que en 1982, fue solo el 22% de su valor en 1970. La pauta de reducción ha sido diferente en cada tipo de estrato; los estratos de los delfines en el ARCAA han indicado una reducción moderadamente constante desde 1970, en cambio en la zona fuera del ARCAA, el índice de captura en los estratos de delfines no declinó sino después de 1973. La explotación de la zona exterior no comenzó sino a fines de los años sesenta y solo en 1972, la captura alcanzó 40 mil toneladas. La gran reducción en 1971, en el índice de captura, en los estratos de los cardúmenes de peces y objetos flotantes y la siguiente recuperación en 1972, fue una fluctuación demasiado grande para que hubiera sido causada solamente por los cambios en la abundancia. Lo más probable es que esto indique un cambio en la vulnerabilidad que no fue asociado a los factores de normalización usados en el model.

### ***Mortalidad natural y disponibilidad de los atunes***

El índice de mortalidad ( $Z$ ) se considera que está formado por dos elementos:  $Z = M + qf$ ; en el que  $M$  es el índice de la mortalidad natural;  $f$  el índice de pesca y  $q$  el coeficiente de capturabilidad, la probabilidad instantánea de que un pez sea capturado por una unidad de esfuerzo de pesca.

Hennemuth (Boletín, Vol. 6, No. 1 de la Comisión), supuso que el coeficiente de capturabilidad era una constante y pudo deducir un estimativo de la mortalidad. La Comisión desde entonces, ha encauzado su interés a los modelos estructurados de la edad ya que se necesitan los mayores detalles que presentan

para hacer que la administración tenga éxito. La captura por unidad de esfuerzo al explotar un grupo individual de peces fluctúa considerablemente durante el lapso de vida de ese grupo, así que el coeficiente de capturabilidad no puede tomarse como una constante. Las ecuaciones de captura forman una serie de ecuaciones simultáneas, desafortunadamente el número de incógnitas siempre excede por 2 el número de ecuaciones, así que no pueden resolverse sin obtener otra información. El índice de la mortalidad natural y un estimativo del coeficiente de capturabilidad del último grupo de edad capturado, es suficiente para proveer una serie de estimativos de los coeficientes de capturabilidad y de los grupos de edad de las poblaciones. La figura usada para la mortalidad natural es la producida por Hennemuth que resulta en una contradicción—los coeficientes constantes de capturabilidad indican un índice de mortalidad que se usa entonces para obtener los coeficientes de capturabilidad que no son constantes. Se ha indicado frecuentemente que puede obtenerse un estimativo independiente de la mortalidad de las devoluciones del mercado, pero Bayliff (Boletín, Vol. 15, No. 4 de la Comisión) concluyó que la variación en la capturabilidad no permitía producir buenos estimativos de la mortalidad.

Se han escrito dos programas en la computadora para investigar el problema. En el primero se simula la población natural y el impacto que tiene la pesca sobre la población, produciendo capturas que se emplean en el segundo programa. Este último estima los parámetros usados en el primero. Al comparar los dos se cree que una cifra demasiado elevada de la mortalidad natural produce estimativos de los coeficientes de capturabilidad que son demasiado bajos y, por consiguiente, estimaciones elevadas de la población. Similarmente, una estimación baja de la mortalidad natural conduce a estimaciones bajas de la población. Otros investigadores han declarado antes que una estimación baja (alta) de la mortalidad natural conduce a fluctuaciones elevadas (bajas) en las estimaciones subsiguientes de los coeficientes de capturabilidad. El análisis de los grupos hace que sea posible determinar un vector de la edad-específica de las poblaciones, pero cada elemento en el vector representa una época diferente. Una serie de análisis permite construir un vector de la edad de las poblaciones en una época determinada. Cada análisis se realiza independientemente. Se están probando los algoritmos que unen a los análisis para ver si las suposiciones sobre la forma de los coeficientes de capturabilidad pueden mejorar la técnica y reemplazar posiblemente la teoría de la mortalidad natural.

### ***Poblacion y reclutamiento***

Lo que sostiene cualquier pesquería es el reclutamiento, formado de peces jóvenes que alcanzan una talla vulnerable a la captura, a la que anteriormente las artes de pesca no podían disponer de ellos.

Se tienen datos de varias poblaciones diferentes de peces que pueden clasificarse en valores pares: la estimación del reclutamiento en la pesca junto con una estimación del número total de adultos presente en la población cuando

esos reclutas fueron desovados. Se han ajustado las curvas a través de estos valores para obtener una relación funcional entre los dos. Por lo general, hay una varianza residual considerable después de que se ajusta la curva. Posiblemente la explicación de esto, es que los peces se encuentran sometidos a cambios dentro de un ecosistema complejo con factores ambientales variables. Se supone por este método que cada par de valores es independiente de cualquier otro par, pero puede que esto no sea verdad si el tiempo de desarrollo es superior al intervalo entre los desoves, si los factores ambientales se correlacionan o si el ecosistema actúa como compensador de los cambios ambientales.

Uno de los investigadores, ha estado trabajando con el Dr. Brian Rothschild de la Universidad de Maryland, sobre un método para calcular que la probabilidad del reclutamiento se encuentra dentro de ciertos límites en un año determinado, basándose en la abundancia de la población que los desovó y en los datos de años anteriores del reclutamiento y de la población.

## ESTRUCTURA DE LA POBLACION Y MIGRACION

### *Marcado de atún*

En marzo, abril y mayo de 1981, se efectuó un crucero de marcado frente a la parte septentrional de la América del Sur, la América Central y la Isla de Clipper-ton, a bordo del barco fletado de carnada *Mary K*. El objetivo de este crucero se explica en el informe anual de 1981. Los resultados de este crucero, hasta la fecha, son:

Zona	Fecha	Especie	Liberados		Recapturados		
			Trata- miento	Cantidad	1981	1982	?
Golfo de Panamá	marzo	YFT*	-	1	1	0	0
Ecuador	marzo-abril	YFT	-	451	193	5	3
		SKJ*	-	424	144	0	0
		BKJ*	-	1	0	0	0
Colombia	abril	YFT	-	160	47	3	1
		SKJ	-	240	35	0	0
		BKJ	-	14	2	0	0
Costa Rica-Panamá	abril	YFT	-	694	350	7	2
		SKJ	-	1,298	211	6	0
		BKJ	-	632	69	1	0
Golfo de Panamá	abril	YFT	-	639	83	15	0
		YFT	tetra.	47	5	3	0
		SKJ	-	220	18	0	0
		SKJ	tetra.	1	0	0	0
		BKJ	-	33	0	0	0

Am. Central a la I. Clip	mayo	SKJ	-	12	0	0	0
Isla de Clipperton	mayo	YFT	-	1,548	40	80	5
		YFT	tetra.	429	11	10	0
		SKJ	-	8	0	0	0
		BKJ	-	139	0	0	0
		BKJ	tetra.	27	0	0	0
Totales		YFT	-	3,493	713	110	10
		YFT	tetra.	476	16	13	0
		SKJ	-	2,190	408	6	0
		SKJ	tetra.	1	0	0	0
		BKJ	-	819	71	1	0
		BKJ	tetra.	27	0	0	0

\* YFT = atún aleta amarilla; SKJ = barrilete; BKJ = barrilete negro.

En octubre-noviembre de 1981, se fletó el *Mary K.* para realizar otro crucero de marcado, esta vez para marcar frente al sur de México, en la Isla de Clipperton y en la zona de las Islas Revillagigedo-Banco Huracán\*. El objetivo de este crucero se explicó también en el Informe Anual de la CIAT de 1981. Los resultados de este crucero, hasta ahora, son:

Zona	Fecha	Liberados			Recapturados		
		Especie	Trata- miento	Cantidad	1981	1982	?
Isla de Clipperton	oct.	YFT	-	1,058	0	234	2
		YFT	tetra.	12	0	1	0
		SKJ	-	51	0	2	0
		BKJ	-	405	1	24	1
Al sur de México	nov.	YFT	-	69	0	16	1
Isla de Clipperton	nov.	YFT	-	25	0	1	0
		YFT	tetra.	181	0	23	0
		BKJ	-	6	0	0	0
Banco Huracán- Isla Clarión	nov.	YFT	-	125	23	14	1
		YFT	tetra.	123	28	24	0
Totales		YFT	-	1,277	23	265	4
		YFT	tetra.	326	28	48	0
		SKJ	-	51	0	2	0
		BKJ	-	410	1	24	1

\*Se obtuvo la licencia 240-210 y una rectificación de la misma, 242-0069 para este crucero, del Departamento de Pesca de México.



Se han obtenido algunos resultados extremadamente útiles en estos cruceros. En el Informe Anual de la CIAT de 1981, se presentó un relato sobre los experimentos del marcado sónico, efectuados en el Crucero 1095. Además, se han obtenido datos muy útiles sobre el crecimiento y desplazamiento del atún aleta amarilla, barrilete y del barrilete negro (*Euthynnus lineatus*). Un barrilete marcado y liberado frente a la América Central en abril de 1981, fue recapturado frente al Hawai y otro fue recapturado a un punto equidistante entre la América Central y las Islas Gambier. Además, un barrilete liberado frente a la Isla de Clipperton fue recapturado al sur del ecuador. Esta información es muy útil en la formulación de hipótesis referentes a la estructura de la población del barrilete en el Océano Pacífico, que se examina más adelante en este capítulo. Los datos del crecimiento obtenidos según estos experimentos se combinan con los datos del crecimiento obtenidos en experimentos anteriores de un estudio general que se está haciendo actualmente sobre el crecimiento del aleta amarilla y barrilete. Se presentan más tarde en este capítulo algunos de los resultados preliminares de este estudio. Estos dos cruceros produjeron una gran cantidad de atunes aleta amarilla que estuvieron en libertad aproximadamente 1 año y de los que se tienen datos sobre la talla de liberación y recaptura. Estos son unos de los datos más importantes sobre el crecimiento que se hayan recolectado hasta ahora de cualquier especie de atún.

Se ha progresado considerablemente en un estudio general sobre el crecimiento del barrilete, basados en los datos recolectados por la devolución de marcas.

Se supone que los peces que están en libertad de 1-10 días, tienen un crecimiento insignificante, así que se compararon las medidas de las tallas de estos peces cuando fueron liberados con las medidas de las tallas cuando fueron recapturados para ver si las primeras tenían sesgo. Desafortunadamente, se encontró que éste era el caso de los peces en algunos de los cruceros. Idealmente, se deberían tener datos de una cantidad suficiente de peces que hayan estado en libertad de 1-10 días, en cada crucero, para calcular una ecuación que pueda emplearse para ajustar, si es necesario, las medidas de las tallas de liberación de los peces de esos cruceros, pero este no fue el caso.

Los barriletes marcados y liberados por la CIAT durante el período de 1955-1967, se midieron sólo a los 5 cm más cercanos (o en muchos casos ni se midieron). La mayoría de los datos que se pueden emplear (es decir, de peces medidos tanto al ser liberados como recapturados y que estuvieron en libertad más de 30 días) de estos cruceros se sitúan en los siguientes grupos: Cruceros 1021 (5 peces), 1042 (44 peces), 1043 (96 peces), 1038 (60 peces), 1046 (26 peces) y 9132-9146 (cruceros en 1961 de barcos con base en el Ecuador; 33 peces). Se tenían suficientes datos de peces que estuvieron en libertad de 1-10 días para hacer comparaciones estadísticas de las medidas de las tallas de liberación y recaptura de los peces en los tres primeros grupos y no se encontró en ninguno de éstos evidencia de sesgo. Debido a la falta de datos no fue posible hacer compara-

ciones similares de los otros tres grupos, pero se decidió incluir estos datos provisionalmente, suponiendo que las medidas de las tallas de liberación no tenían sesgo.

Los barriletes marcados y liberados por el California Department of Fish and Game (CDFG) durante el período de 1952-1959 y aquellos liberados por la CIAT después de 1967, fueron medidos al centímetro más cercano. Se decidió emplear los datos de todos estos cruceros. Se tuvieron suficientes datos de peces que estuvieron en libertad de 1-10 días en solo cuatro de estos cruceros, 1075, 1078, 1082 y 1093\*. Las medidas de las tallas de liberación del Crucero 1075, tenían aparentemente sesgo, por consiguiente, fueron ajustadas y se supone que las medidas de todos los demás cruceros no tenían sesgo.

Los datos se dividieron en categorías de acuerdo a las zonas de liberación (al oeste y este de los 100°W), cruceros (o grupos de cruceros en el caso de peces liberados por al CDFG y los barcos con base en el Ecuador), talla de liberación (325-374 mm, 375-424 mm,... 675-724 mm) y tiempo en libertad (31-180 días, 181-365 días y más de 365 días) y se calculó el índice de crecimiento en milímetros por día. Los peces de los Cruceros 9132-9146, no indicaron crecimiento negativo; esto se debe probablemente al sesgo en las medidas de los peces cuando fueron liberados, así que no se consideraron más estos datos. En el resto de los datos los índices de crecimiento fueron bastante estables, lo que indica que la cantidad de sesgo es probablemente inferior en el resto de los datos. Se combinaron los datos de los varios cruceros, con los siguientes resultados, correspondientes a los grupos que incluían por lo menos 10 peces:

Zona de liberación	Días en libertad	Talla de liberación	Cantidad de peces	Índice (mm por día)	Promedio días en libertad	Varianza
Al oeste de los 100°W	31-180	375-424	35	1.22	63.5	0.24
		425-474	163	0.66	69.2	0.20
		475-524	135	0.62	66.7	0.27
		525-574	59	0.25	56.7	0.14
		575-624	13	0.23	70.7	0.20
		625-674	12	0.50	73.8	0.41
	181-365	425-474	12	0.70	223.2	0.07
al este de los 100°W	31-180	375-424	12	1.16	94.4	0.46
		425-474	42	0.94	75.9	0.11
		475-524	133	0.67	94.2	0.10
		525-574	22	0.62	81.9	0.16
	181-365	475-524	11	0.70	223.3	0.02

\*Se consiguió para este crucero la licencia 242-654 y una extensión de la misma, del Departamento de Pesca de México.

Existe una tendencia marcada de que el índice de crecimiento disminuya con el aumento de la talla de liberación, que es lo que debe esperarse si la curva de crecimiento es ascendentemente convexa, como es el caso en la mayoría de los peces. Sin embargo, los índices de crecimiento de los peces que han estado en libertad 181-365 días son aproximadamente iguales a los de los peces de la misma talla que han estado en libertad 31-180 días, mientras que se esperaría que los índices de crecimiento de los peces que estuvieran en libertad durante períodos más prolongados fueran inferiores. Debe observarse, sin embargo, que se tienen relativamente pocos datos de peces que han estado en libertad 181-365 días.

Se hizo un trabajo similar acerca del crecimiento del aleta amarilla. Sin embargo, no se ha terminado aún la devolución de marcas de cinco o seis zonas de liberación adoptadas en este estudio, así que se han hecho los cálculos sólo de la Zona 1 (al norte de los 20°N). Los resultados son los siguientes para los grupos que incluyen por lo menos 10 peces:

Días en libertad	Talla de liberación	Cantidades de peces	Índice (mm por día)	Promedio días en libertad	Varianza
61-180	325-424	10	2.01	82.9	0.58
	425-524	136	0.97	95.6	0.24
	525-624	180	0.64	85.6	0.26
	625-724	64	0.57	90.6	0.35
	725-824	10	0.93	88.5	0.41
181-365	425-524	41	0.75	276.8	0.03
	525-624	41	0.78	239.4	0.13
	625-724	11	0.85	287.5	0.13
>365	425-524	10	0.81	518.2	0.09
	525-624	23	0.73	456.3	0.07

Se cree generalmente que la curva de crecimiento del aleta amarilla es ascendentemente convexa, pero según los datos no se tienen indicios de que éste sea el caso. Los datos de algunas de las otras zonas incluyen peces más grandes, así que cuando se analicen éstos se tendrá más conocimiento sobre la situación.

En la época en que se iniciaron los estudios científicos de la CIAT a comienzos de los años 1950, no se tenía virtualmente ningún conocimiento referente a la estructura de la población del barrilete en el Océano Pacífico. Desde ese entonces, la información recolectada por la CIAT y otras organizaciones ha contribuido considerablemente al conocimiento de este importante aspecto de la biología del barrilete. La mayor parte de esta información fue examinada en un comité de biólogos pesqueros y de geneticistas de la población auspiciada por la South Pacific Commission en 1980. Aunque el estudio producido por este comité

es extremadamente útil, no se refiere detalladamente al Océano Pacífico oriental. Además, se han recibido últimamente algunas recapturas de barriletes marcados, sumamente interesantes, que han impartido aún más conocimiento sobre la estructura de la población del barrilete en el Océano Pacífico oriental, así que es apropiado examinar este tema aquí. Existe muy poco desove de barrilete en el Océano Pacífico oriental y los grandes barriletes forman una porción más pequeña de la captura de peces en el Pacífico oriental que en el Pacífico central. Por lo tanto, se ha sospechado desde hace bastante tiempo que el barrilete del Océano Pacífico oriental proviene del desove en el Océano Pacífico central u occidental o de ambos; vienen al Pacífico oriental como juveniles, permanecen allí cerca de un año y luego se desplazan de nuevo al Pacífico central u occidental antes del desove. Esta hipótesis recibió considerable apoyo en las décadas de 1960 y 1970, cuando 25 peces liberados en el Pacífico oriental cerca de la costa o mar afuera alrededor de las islas, fueron recapturados en el Pacífico central y occidental.

En los años de 1950 y 1960, parece que se presentó en la mayoría de los años dos grupos de barrilete en el Pacífico oriental, el grupo nordeste, que apareció frente a Baja California y cerca de las Islas Revillagigedo y la Isla de Clipperton, el grupo sudeste, que apareció frente a la América Central y en la parte septentrional de Sudamérica. Los datos del marcado han indicado que hubo poca mezcla de peces entre estas dos zonas. Los peces en la Isla de Clipperton se han incluido en el grupo nordeste, debido (1) a que la Isla de Clipperton aunque se encuentra localizada entre los  $10^{\circ}\text{N}$  y  $11^{\circ}\text{N}$ , está más cerca de las Islas Revillagigedo que de la América Central, (2) porque los barriletes marcados y liberados en la Isla de Clipperton han sido recapturados en la zona nordeste y no en la sudeste y (3) porque antes de 1982, fueron recapturados en el Océano Pacífico central y occidental 19 peces de Baja California, 4 peces de las Islas Revillagigedo y 2 peces de la Isla de Clipperton, pero no se han recapturado peces de la América Central o de la parte septentrional de Sudamérica en ningún lugar fuera del Pacífico oriental. En el Informe Anual de la CIAT de 1980, se indicó "surge la pregunta de si los peces del Pacífico nordeste, del Pacífico sudeste y otras zonas provienen (1) de un grupo individual de reproductores o (2) de diferentes grupos de desovadores." Se han acumulado varios datos que apoyan la primera hipótesis. Primero, un barrilete marcado y liberado frente a la Isla de Clipperton en octubre de 1981, fue recapturado a los  $2^{\circ}27'\text{S}$ - $106^{\circ}52'\text{W}$  en enero de 1982 (Figura 6). Esto puede indicar que la distribución de barrilete en el Pacífico oriental puede describirse mejor, no como dos grupos, pero como un solo grupo que habita una zona en forma de arco que tiene sus límites en Baja California-Islas Revillagigedo y en la América Central-Sudamérica septentrional y su centro al oeste, sudoeste y al sur de la zona de aguas cálidas frente al sur de México. Esta distribución está también indicada por los mapas de la distribución geográfica de las capturas de barrilete en los últimos años. Segundo, las siguientes devoluciones de marcas comprueban que los barriletes del grupo sudeste desovan en la misma zona que los del grupo nordeste:

Liberación		Recaptura	
Fecha	Zona	Fecha	Zona
octubre 1969	4°11'N-119°02'W	julio 1971	Hawai
abril 1979	6°26'N-86°55'W	agosto 1979	9°43'N-133°54'W
abril 1981	4°56'N-86°38'W	agosto 1982	Hawai

Estos desplazamientos se presentan también en la Figura 6. El primer pez (liberado por el National Marine Fisheries Service de los EEUU, Honolulu, Hawai) terminó lo que pudiera haber sido la segunda mitad del viaje de la Zona sudeste al Hawai, el segundo terminó los dos primeros tercios de ese viaje (aunque no se puede asegurar que su destino era Hawai) y el tercero terminó todo el viaje. Sin embargo, no se puede suponer según esto, que los barriletes del Pacífico oriental desovan solo en el hemisferio norte, ya que las capturas de larvas de barrilete en el Pacífico central del sur indican que el barrilete desova también en esa zona. En las capturas de barrilete tanto del Hawai como de la Polinesia francesa se encuentran grandes ejemplares, lo que puede indicar que las capturas de la Polinesia francesa incluyen peces del Pacífico oriental como también las capturas de Hawai. Un pez marcado a los 4°56'N-86°38'W en abril de 1981, fue recapturado por un barco palangrero a los 9°19'S-105°15'W en abril de 1982 (Figura 6). Puede que este pez haya estado en ruta hacia la zona de desove al sur del ecuador. Se liberó en la misma "parada" como el tercer pez mencionado anteriormente en la Tabla del texto y probablemente los dos peces eran miembros del mismo cardumen antes de que se hubieran marcado.

En resumen, parece que el barrilete del norte de México, la América Central y la parte septentrional de Sudamérica forma parte de un grupo que habita una zona en forma de arco que tiene sus límites en estas dos zonas y que los peces en los extremos de la distribución se mezclan por lo menos, hasta cierto punto, en las localidades de desove del Pacífico central, occidental o en ambos.

Las localidades de recaptura del barrilete negro (*E. lineatus*) de los cruceros 1095 (liberaciones sólo en la América Central) y 1096 se presentan en la Figura 7. Todas las recapturas al este de los 95°W son de liberaciones en la América Central y todas las recapturas al oeste de los 95°W son de liberaciones en la Isla de Clipperton. Es evidente que muchos *E. lineatus* viajan considerables distancias. Los peces del Crucero 1095 midieron en promedio 41.0 cm al ser liberados y 42.5 cm cuando fueron recapturados, estuvieron un promedio de 41 días en libertad y tuvieron en promedio un índice diario de crecimiento de 0.37 mm. Los del Crucero 1096 medían en promedio 47.5 cm cuando se liberaron y 50.7 cm cuando fueron recapturados, estuvieron en promedio 132 días en libertad y tuvieron en promedio un índice diario de crecimiento de 0.24 mm.

Se recibieron las siguientes recapturas, inusualmente raras, de atunes aleta amarilla marcados en 1982:

Liberación			Recaptura			Días libres	Distancia neta (mn)
Fecha	Zona	Talla (cm)	Fecha	Zona	Talla (cm)		
abr. 2, 1979	12°58'N- 92°19'W	46	ag. 11, 1982	10°21'N- 109°20'W	?	1,228	1,012
abr. 26, 1979	6°13'N- 85°02'W	?	sep. 16, 1982	10°46'N- 107°36'W	?	1,240	1,366
feb. 16, 1980	17°46'S- 150°32'W	85	ag. 31, 1982	2°13'N- 120°06'W	?	928	2,162
oct. 18, 1981	10°18'N- 109°13'W	63	mayo 18, 1982	10°19'S- 84°42'W	91.8	213	1,916

La recaptura de un aleta amarilla marcado después de estar más de 2 años en libertad (los tres primeros peces) es poco común. El tiempo máximo en libertad de esta especie es 1,657 días, un pez liberado en noviembre de 1969 y recapturado en mayo de 1974.

El tercer pez fue liberado frente a las Islas Tuamotu. Seis atunes aleta amarilla marcados y liberados en el Pacífico central, han sido recapturados actualmente en el Pacífico oriental. Estos se presentan en la Figura 8. Dos fueron liberados frente a las Islas Tuamotu (Informe Anual de la CIAT de 1981 y este informe), dos frente a las Islas Pitcairn (Informe Anual de la CIAT de 1981), uno frente a las Islas Marquesas (Informe Anual de la CIAT de 1979) y uno cerca a la Isla de Navidad, por la Oficina de Investigación y Desarrollo Pesquero de Corea (Informe Anual de la CIAT de 1981). Los cinco primeros peces fueron recapturados fuera del ARCAA y el último en la Zona Experimental 2 (Figura 1).

El cuarto pez en la tabla precedente, viajó una distancia inusualmente larga y fue recapturado en una zona en la que hay relativamente poca pesca.

Además, se anotó el primer caso de un atún aleta amarilla marcado y liberado en el Pacífico occidental y recapturado en el Pacífico oriental. Esto se presenta también en la Figura 8. Este pez fue liberado por la South Pacific Commission a los 16°01'S-179°48'E (Fiji) el 21 de abril de 1980 y fue recapturado por un cerquero a los 2°54'N-118°55'W el 31 de agosto de 1982. La localidad de recaptura de este pez fue también fuera del ARCAA. El pez estuvo en libertad 862 días y había viajado una distancia neta de 3,806 millas. Este es el desplazamiento más largo anotado de esta especie.

La CIAT continuó en 1982, el programa de marcado y de muestreo del atún aleta azul (*T. thynnus*) en el Japón, realizado en colaboración con el Far Seas Fisheries Research Laboratory, Shimizu (Japón).

Un empleado de la CIAT estuvo en enero, febrero y marzo en el Japón marcando y muestreando *T. thynnus* en la pesca invernal con curricán que normalmente tiene lugar en enero-abril en el extremo sur de la Isla de Kiushu. Desafortunadamente, debido aparentemente a las condiciones oceanográficas anormales, no hubo pesca en esta zona en 1982, así que no se marcaron peces.

Un empleado de la CIAT estuvo en la Isla Shikoku (Japón) a mediados de julio, permaneciendo allí hasta mediados de septiembre con el objetivo de marcar y muestrear *T. thynnus* capturado por la pesca con curricán que tiene lugar allí durante esa época. A causa de una serie de tormentas que se presentaron en toda esta temporada y a la escasez de peces cuando se presentó buen tiempo, hubo poca captura y sólo se marcaron 237 peces. De estos, 125 fueron inyectados con tetraciclina para los estudios del crecimiento.

En la Tabla 7, se presentan las recapturas obtenidas hasta la fecha de todo el *T. thynnus* marcado por la CIAT en el Japón.

Estos experimentos han revelado una cantidad considerable de información sobre los desplazamientos del *T. thynnus*. Los peces de la generación de 1979, liberados en enero-abril de 1980, tenían de 9 a 12 meses de edad cuando fueron liberados. Ninguno de éstos fue recapturado en el Pacífico oriental en el verano de 1980, cuando tenían cerca de 15 a 18 meses de edad, pero 24 de éstos fueron recapturados allí en 1981, cuando tenían cerca de 27 a 30 meses de edad. Los peces de la generación de 1981, liberados en julio-septiembre de 1981, tenían de 3 a 5 meses de edad cuando fueron liberados. Se recapturaron en total 18 de éstos en el Pacífico oriental durante el verano de 1982, cuando tenían de 15 a 18 meses de edad. Según estos datos parece que si los peces de edad 0+ empiezan a desplazarse al Pacífico oriental en el otoño, puede que lleguen allí en el verano siguiente, cuando tienen 1+ años de edad. Sin embargo, si permanecen en el Pacífico occidental hasta el invierno, no llegan al Pacífico oriental hasta el verano después del verano siguiente, cuando tienen 2+ años.

Dos de las recapturas del Pacífico occidental en la Tabla 7, fueron de peces capturados en la pesca agallera de albacora, que se realiza lejos al este del Japón. Ambos peces fueron capturados el 2 de junio de 1982, uno a los 37°52'N-161°01'E y el otro a los 37°32'N-171°52'E. Puede que estos peces hayan estado en ruta al Pacífico oriental cuando fueron capturados.

Estos experimentos produjeron también algunos datos muy útiles sobre el crecimiento del *T. thynnus*. En 1982, se recibieron nueve recapturas de peces liberados en enero-abril de 1980, todas en el Pacífico occidental. Los datos sobre el crecimiento de estos peces recapturados en 1981, se presentaron en el informe anual de la CIAT de 1981. Los peces recapturados en 1982, midieron en promedio 48.7 cm en la liberación y 114.4 cm cuando fueron recapturados, estuvieron en promedio unos 886 días en libertad y tuvieron un crecimiento normal diario de 0.74 mm, casi el mismo valor de 0.76 obtenido en los peces que fueron recapturados en el Pacífico occidental en 1981.

Los índices de crecimiento de los peces liberados en el verano de 1981 y recapturados en el Pacífico oriental y occidental después de estar en libertad durante diferentes períodos, son:

Zona de recaptura	Días en libertad	Cantidades de peces	Talla promedio de liberación (mm)	Talla promedio de recaptura (mm)	Índice de crecimiento (mm por día)
Pacífico occidental	1-30	13	212	249	1.99
	31-60	27	209	328	2.67
	61-90	43	207	388	2.35
	91-120	66	212	444	2.14
	121-150	31	206	463	1.97
	151-180	5	220	484	1.64
	181-270	4	182	509	1.56
	271-450	14	219	652	1.34
Pacífico oriental	271-450	4	228	642	1.11

Es evidente que el índice de crecimiento se reduce con la edad entre los límites de talla representados en este experimento. Puede observarse también que el índice de crecimiento de los peces que se desplazaron al Pacífico oriental fue inferior al de aquellos que permanecieron en el Pacífico occidental, como fue el caso de los peces de la generación de 1979, marcados y liberados en enero-abril de 1980 [Informe Anual de la CIAT de 1981]. Debe observarse, sin embargo, que la estimación de crecimiento de los emigrantes transpacíficos se basa sólo en cuatro peces.

En 1979 y 1980, se marcaron 414 *T. thynnus* capturados por cerqueros y liberados en el Océano Pacífico oriental. En 1979, 1980 y 1981, se recibieron 46 recapturas, todas de peces recapturados en el Pacífico oriental. El 29 de abril de 1982, uno de éstos que fue liberado el 16 de agosto de 1979, fue recapturado frente al Japón. Este pez había crecido de 850 mm a 1,526 mm en 988 días que estuvo en libertad. Antes de esto, sólo se habían recapturado otros nueve *T. thynnus* frente al Japón, después de haber sido marcados y liberados en el Pacífico oriental. Estos fueron liberados durante el período de 1958-1964 y estuvieron en libertad de 674 a 1,907 días.

### **Estudios de la población**

El objetivo de esta fase del programa biológico de los atunes ha sido descrito en el Informe Anual de 1981. Se trata con este programa de continuar obteniendo información sobre el patrón, si es que hay alguno, de la subdivisión biológica, la clase y el grado de intercambio que existe entre los grupos de organismos que habitan las diferentes zonas geográficas y, en el futuro, el empleo de esta información para proyectar una estrategia administrativa que sea óptima.



Como en el año pasado, parte del trabajo ha sido dedicado a la acumulación sistemática y a la reevaluación de los datos sobre el atún aleta amarilla y barrilete, obtenidos por investigadores anteriores. La mayoría del esfuerzo, sin embargo, se ha orientado al estudio de la estructura de la población del *T. thynnus* del norte. La reevaluación de los datos anteriores, ha sido una labor lenta y prolongada, obstaculizada por la necesidad de un conjunto sistemático y la descripción del origen de los datos y la metodología y, por el descubrimiento y rectificación de lo que parecen ser inconsistencias en los datos.

El estudio del *T. thynnus* se está llevando a cabo mediante un contrato con el National Marine Fisheries Service de los EEUU (NMFS). Originalmente se concibió el programa como una prueba experimental de un método nuevo y promisorio para estudiar la estructura de la población, pero más recientemente, el programa ha sido ampliado y se ha acelerado para que suministre información sobre el índice de mezcla de los peces que desovan en el Mar Mediterráneo y el Golfo de México. Este incremento en el campo de acción y el ritmo de trabajo es el resultado de la preocupación que se ha presentado sobre la condición de la población y la efectividad de los programas de conservación. Se necesitan informes detallados sobre la estructura de la población para perfeccionar las tácticas administrativas. Se dan a continuación los detalles de estos programas.

***Estudios sobre la proteína del suero y la variación morfológica del atún aleta amarilla y el barrilete***

El objetivo a corto plazo de esta parte del programa es reunir los datos de estudios anteriores, en tal forma, que sean accesibles y fáciles de comprender y describir con suficientes detalles tanto los datos como la metodología para que tanto el personal de la Comisión como otros investigadores puedan hacer otros análisis. El objetivo a largo plazo, como el anterior, es empezar un análisis orientado hacia cuestiones básicas sobre la biología de la población de estas especies.

Con este objetivo en mente, se juntaron los datos existentes de los archivos originales del laboratorio. Se formaron ficheros con los datos que incluían información sobre cuándo y dónde se había obtenido cada pez y si el suero de la sangre contenía alelos específicos de la esterasa, transferina y del sistema de las enzimas FGI. Se hicieron varios cálculos de un mismo pez, en una subserie de las muestras y estos cálculos múltiples se juntaron con los datos correspondientes del sistema de las enzimas.

Se catalogaron y copiaron los datos en una cinta magnetofónica, de tal manera, que la información sobre cada pez se encuentra en una serie de números. Se incluyeron códigos descriptivos para ayudar a quienes estuvieran interesados en el futuro en la labor de recolectar subseries de datos para archivarlos de una manera similar y permitir otros análisis estadísticos.

Se preparó un informe detallado sobre la cronología de los estudios según fueron realizados en los últimos 12 años. Se incluye en este informe una descrip-

ción de cómo se recolectaron las muestras, cómo se tomaron las medidas, cómo se almacenaron las muestras y cómo fueron procesadas en el laboratorio. Además, el informe incluye una descripción detallada de los datos y cómo se han catalogado éstos en los archivos.

En su mayor parte, estas labores se terminaron en el segundo trimestre de 1982. El trabajo durante el resto del año fue dedicado a resolver pequeños problemas e inconsistencias de los datos básicos. La mayoría de los problemas se deben a que otros investigadores ajenos a los que iniciaron el estudio están reconstruyendo (1) las condiciones en las que el estudio fue llevado a cabo y (2) las condiciones en las que se juntaron los sumarios y los archivos de datos. Se ha enviado un informe completo en borrador de este estudio para que sea examinado y se espera poder publicarlo tan pronto como se hayan recibido comentarios sobre el mismo.

Se han realizado varios análisis preliminares de los archivos de datos. Además, las personas que están trabajando con el informe han hecho análisis con variables múltiples, tanto como un medio para examinar la competencia del informe como para realizar un estudio experimental. Antes de hacer un análisis detallado de los datos se espera recibir la versión final del informe, los archivos de los datos corregidos y resolver algunos pequeños problemas.

#### ***Estudios de los índices de desplazamiento usando microelementos químicos***

El objetivo general de este programa como lo fue anteriormente, es determinar el índice de entremezcla de los atunes de diferentes zonas geográficas. El objetivo específico de esta fase del programa es determinar si se pueden descubrir pautas útiles de la variación química y si éstas se pueden emplear para determinar las zonas de origen de los atunes capturados en pesquerías específicas. Se han realizado, hasta ahora, dos estudios experimentales, el primero de éstos sobre atunes aleta amarilla juveniles y el segundo sobre *T. thynnus* juveniles. Se encontró en ambas especies, que los juveniles capturados en diferentes zonas geográficas tenían pautas característicamente diferentes en los microelementos. Se identificaron fácilmente los peces individuales como pertenecientes a una u otra zona geográfica con poco error en la clasificación. El primer estudio, que incluía atunes aleta amarilla juveniles del Pacífico oriental, se llevó a cabo usando un equipo secundario, pero después de esto, la Comisión empezó un programa en colaboración con el NMFS, quienes subvencionaron los gastos de idear y construir un equipo adecuado. Se ha escogido al *T. thynnus* como especie experimental, porque relativamente se reproduce en diferentes zonas geográficas (el Golfo de México y el Mar Mediterráneo) y porque existe una necesidad urgente de obtener información sobre la proporción de intercambio entre las dos zonas de reproducción. Se realizó un segundo estudio experimental sobre *T. thynnus* juveniles en el Atlántico oriental y occidental. Como sucedió con el atún aleta amarilla, las verdaderas pautas de los microelementos de los peces

individuales de las diferentes partes del océano fueron característicamente distintas. El estudio experimental sobre el atún aleta amarilla se describe en el Informe Anual de 1980 y, el equipo construido y los resultados del estudio experimental de *T. thynnus* se describen en el Informe Anual de 1981. Se juzgó que los resultados de estos programas eran promisorios y en el invierno de 1981, se comenzó un programa más extenso sobre *T. thynnus*. La labor efectuada en 1982, se describe como sigue. Se hicieron arreglos para recolectar otras muestras de *T. thynnus*. Se volvieron a analizar los datos obtenidos durante el estudio inicial experimental. Se irradiaron diferentes partes a lo largo de una misma vértebra para definir mejor la variación geográfica y temporal. La duración e intensidad de la radiación fue variada para que el análisis fuera más rápido y poder en esta forma definir mejor las diferencias. Se concibieron métodos más eficaces y de menos duración con el fin de procesar instantáneamente los datos y controlar el experimento. Se sacaron y seccionaron las vértebras de la parte peduncular de los *T. thynnus* gigantes de diferentes pesquerías (localidades) y se prepararon para ser analizadas. Se irradió una subserie de 42 *T. thynnus* gigantes de dos zonas geográficas diferentes y se analizaron los datos. Los detalles de las labores antes mencionadas se presentan en los siguientes párrafos.

#### *i. Clasificación de la recolección de muestras*

El muestreo de *T. thynnus* es difícil a causa de la extensa zona de interés (el Atlántico oriental y occidental, el Mar Mediterráneo y el Golfo de México), la pequeña cantidad de peces descargada al compararla con otras especies de atunes y su aparición esporádica. Además, ninguna organización ha recibido fondos para realizar este trabajo; varios investigadores de diferentes naciones y organizaciones se encuentran interesados en el mismo. Aunque la CIAT no tiene una responsabilidad directa en recolectar muestras, más de la mitad de las muestras que se tenían al comenzar el año fiscal fueron obtenidas por el personal de la Comisión cuando estaban haciendo otros trabajos. Más tarde en el año, gracias a la gentil colaboración de la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico, se obtuvo un total de 126 secciones de pedúnculos caudales del Estrecho de Gibraltar, el Mar Tirreno y el Mar Jónico en el Mediterráneo. Se obtuvieron también otras muestras de *T. thynnus* de 2 a 4 años de edad y de *T. thynnus* gigante del Atlántico occidental.

#### *ii. Reanálisis del T. thynnus juvenil*

Los resultados al comparar *T. thynnus* de dos y tres años de edad del Atlántico oriental y occidental, provistos en el Informe Anual de la Comisión de 1981, fueron obtenidos por los datos recolectados justamente antes de finalizar ese año. Los análisis se hicieron en forma de un modelo sistematizado, en el que la composición química de las vértebras de los peces individuales se caracterizaba por una serie de unas 1024 variables, con el valor de cada variable fluctuando de 0 a 500,000. Aunque los procedimientos usados y los resultados son válidos, existen otros métodos más tradicionales y prolongados para analizar los datos. Estos métodos ofrecen frecuentemente más comprensión sobre la naturaleza de las

diferencias que separan las clases de componentes. En tanto que las técnicas del modelo sistematizado emplean toda la fuente de datos, se emplean los métodos de eliminación del espectro para reducir el espectro de varios componentes. Específicamente, el espectro obtenido según un análisis, está formado por máximos debidos a la presencia de elementos químicos como son el fósforo, azufre, cloro, calcio, hierro, *etc.*, sobrepuestos sobre un fondo que se relaciona a la densidad de la matriz (hueso) y los factores se consideran frecuentemente en segundo término. El primer trabajo principal emprendido, fue concebir un sistema de programas computarizados que integraran el área bajo máximos individuales, substraer los factores de segundo término y graficar los resultados. Se graficaron también los espectros de los peces individuales para permitir que los investigadores sobrepusieran los datos de las diferentes zonas geográficas.

La elevación relativa de los diferentes máximos elementales de los peces de distintas zonas se comparó visualmente al hacer las sobreposiciones. Se encontraron diferencias evidentes entre los gráficos de los datos provenientes de *T. thynnus* de 2 y 3 años, capturados frente a España y aquellos provenientes de grupos similares de edad capturados frente a Virginia (EEUU). Se observaron también diferencias en la elevación de los factores de segundo término. Varios colegas que realizaron "pruebas a ciegas" pudieron clasificar fácilmente, sin ninguna duda, los gráficos en dos categorías correspondientes a las dos diferentes zonas geográficas.

Se calcularon las razones de los máximos elementales en un espectro como un medio para normalizar los datos. La normalización es necesaria, ya que el flujo del protón puede variar entre los análisis consecutivos y aún cuando dos muestras idénticas pueden haber sido expuestas durante el mismo período, puede que el cálculo total en el espectro y en las áreas máximas específicas sea diferente. Un medio efectivo para normalizar los datos es adquirir las razones de dos elementos. Se calcularon las razones de las áreas máximas con los elementos del cloro y el estroncio, por cada uno de los espectros obtenidos de los peces de las dos zonas geográficas. Los análisis estadísticos de estos datos indican que no es muy probable que las dos muestras hayan sido obtenidas de la misma población [ $t(34 \text{ g.l.}) = 5.594, p < .001$ ].

### *iii. Análisis secuencial de las vértebras individuales*

Se seleccionó el borde posterior del hueso y se montó en tal forma que podían realizarse fácilmente los análisis sucesivos basados en la espectrometría de rayos X inducidos por la emisión de protones (PIXE) en trozos que contienen el núcleo, la porción del hueso que se forma después de la fase larval, la porción que se forma durante la adolescencia y la porción formada justamente antes de la captura. Se realizó un recorrido analítico a intervalos de 0.9 mm, comenzando desde el centro y extendiéndose hasta el borde exterior. Cuando se graficaron las razones máximas del cloro/estroncio como una función de la distancia desde el origen, mostraron también diferencias geográficas, es decir, las pautas temporales

fueron diferentes en los peces del Atlántico oriental y occidental. Esta variación geográfica y temporal se ilustra en la Figura 9.

La razón del fósforo y el estroncio indicó también diferencias temporales como se ilustra en la Figura 10 en la que los perfiles del fósforo/estroncio de tres peces (que se cree tenían 2 años) se comparan con los de otros tres peces que se cree tenían 3 años. Estos gráficos indican que la razón de estos elementos sufren cambios estacionales regulares y pueden usarse para determinar la edad del organismo. Los seis peces fueron capturados en el verano a intervalos de unas tres semanas los unos de los otros. Se hicieron otros estudios de peces que se creía variaban en edad de cuatro a ocho años. Existe una estrecha relación entre la edad estimada según los cambios estacionales en la proporción del P/Sr y la edad según se ha estimado por los datos del crecimiento y del marcado de la población. Las razones de otros elementos parecen también diferenciarse estacionalmente, sin embargo, la similitud entre los dos métodos es menos evidente en los peces más viejos. Se necesitan otros estudios para comprobar la mayoría de los hallazgos.

#### *iv. Perfeccionamiento de los parámetros experimentales*

Los análisis PIXE son muy costosos y necesitan mucho tiempo. Se realizaron estudios para determinar la cantidad máxima del haz electrónico que puede aplicarse a la muestra antes de que se desgaste y para determinar la duración mínima que se pueden irradiar las muestras. Se volvieron a analizar las muestras empleadas en el estudio experimental anterior y se compararon los nuevos resultados con los anteriores para estimar los índices máximos y mínimos de exposición. El tiempo necesario para analizar una formación individual (parte de una vértebra) se redujo significativamente.

#### *v. El análisis del (*T. thynnus*) gigante del Mediterráneo y del Atlántico oriental y la preparación de las muestras*

Se emparejaron las muestras de estas dos regiones y se pasaron inmediatamente para analizar en el mismo día una porción igual de cada una. Se procesó una subserie de 21 muestras de cada zona. Cada una de las 42 vértebras fue irradiada de 9 a 14 veces, según fuera la talla del pez. Cuando se emplearon sólo los datos obtenidos de los análisis hechos en la parte del hueso formado durante el "primer invierno," parece existir alguna mezcla o desplazamiento de los peces entre las zonas. Las razones individuales cloro/estroncio de los *T. thynnus* gigantes, son similares a las razones encontradas en los peces juveniles. Las razones en la mayoría de los adultos del Mediterráneo fueron similares a las de los juveniles de esa zona. Se encontró similarmente que la mayoría de los adultos del Atlántico occidental tenían razones elementales similares a aquellas de los juveniles del Atlántico, pero, como antes, existen diferencias significativas entre los peces del Mediterráneo y los del Atlántico occidental. Se encontró que un porcentaje pequeño pero significativo de peces adultos en cada zona tenían pautas similares a los de la zona opuesta, lo que indica intercambio y, además, el índice

de intercambio parece ser asimétrico. Los límites de confianza de estas estimaciones de mezcla son amplios debido a las pequeñas muestras de talla.

Se realizaron análisis similares estadísticos usando análisis sistematizados, es decir, usando todo el espectro, las razones Cl/Sr y los perfiles de los elementos durante el primer invierno. Todos los métodos proveen resultados similares. Se deben analizar más muestras y se deben usar métodos independientes para examinar la validez de estos hallazgos.

Los resultados preliminares de este estudio son suficientemente promisorios, por lo cual, el NMFS ha incrementado el contrato con la CIAT para incluir más muestras, incluso de peces de otras pesquerías de *T. thynnus*. Además, se ha planeado llevar a cabo estudios similares con atunes tropicales en el Pacífico oriental, si los resultados de este proyecto prueban ser satisfactorios.

## OTROS ASPECTOS DE LA BIOLOGIA ATUNERA

### *Composición de talla en la captura de 1982*

El personal de la Comisión obtiene las muestras de la frecuencia de talla del aleta amarilla, barrilete, patudo, aleta azul y barrilete negro de las capturas de cerqueros y barcos de carnada en los puertos de descargue de California, Puerto Rico, México, Panamá, Ecuador y Perú. La captura del aleta amarilla y barrilete fue muestreada por primera vez en 1954 y el muestreo ha continuado cada año hasta ahora. Se ha empleado la información obtenida de las muestras frecuencia-talla para estimar el índice de crecimiento, mortalidad, rendimiento por recluta y abundancia de una generación. Los resultados de estos estudios han sido divulgados en varios boletines e informes anuales de la Comisión. Hasta fines de enero de 1983, se han recolectado y procesado 576 muestras de atunes aleta amarilla, 497 de barriletes, 35 de patudos, 38 de atunes aleta azul y 24 de barriletes negros capturados por cerqueros y barcos de carnada en el Pacífico oriental en 1982. La composición de talla de las capturas del aleta azul y del barrilete negro se examinan en otras secciones de este informe.

En la Figura 11, se presenta la distribución anual frecuencia-talla del aleta amarilla muestreado en el ARCAA desde 1977 hasta 1982. La estimación preliminar del peso promedio del aleta amarilla en 1982, es 23.5 libras (10.7 k). Este es un aumento de 1.4 libras (0.6 k) sobre el peso promedio de 1981 y es el valor más alto desde 1977.

En la Figura 12, se presenta la distribución anual frecuencia-talla de las capturas del aleta amarilla obtenidas en 1977-1982, en el Océano Pacífico oriental entre el límite del ARCAA y los 150°W. Como en todos los años anteriores, el peso promedio de 63.5 libras (28.8 k) del aleta amarilla en esta zona en 1982, es considerablemente superior al peso promedio del ARCAA. El peso promedio de 1982, es el más alto desde 1978.

En la Figura 13, se presenta la distribución anual frecuencia-talla del barrilete muestreado en el Océano Pacífico oriental en 1977-1982. La estimación preliminar del peso promedio de 1982, es 5.2 libras (2.4 k). Este peso promedio es algo más alto que el de 1981, de 4.9 libras (2.2 k), que fue el peso promedio anual más bajo que se haya registrado desde que se inició el muestreo en 1954.

En la Figura 14, se presenta la distribución anual frecuencia-talla del patudo muestreado en la pesca epipelágica del Océano Pacífico oriental en 1977-1982. La captura de patudo en 1982, fue una de las más bajas que se haya obtenido en los últimos años y se recolectaron aproximadamente sólo la mitad de las muestras frecuencia-talla obtenidas en 1981. La proporción de peces de menos de 50 cm en la captura, es la más grande desde 1977 y se muestrearon pocos peces de más de 140 cm.

### *Relación entre la distribución de talla, la zona y los métodos de pesca*

Se emplea la talla media del aleta amarilla como una medida de la explotación de la población. La talla de los peces capturados en alta mar es superior a la de los peces que se capturan cerca de la costa. Esto puede reflejar una diferencia real en la población que se muestrea por el proceso de pesca, pero las técnicas de pesca pueden sesgar la muestra y el sesgo puede variar en diferentes zonas. Allen (Informe Interno 16 de la Comisión) comprobó que se capturan más peces grandes en asociación con delfines. En lo referente a los peces capturados en las aguas de altura, se captura una proporción mayor en asociación con delfines.

Con el fin de determinar si la media superior de talla de los peces capturados en alta mar refleja la proporción más grande de peces capturados en asociación con delfines o si existe una diferencia real en las poblaciones, se estratificaron por zona y moda de pesca las muestras de la frecuencia de talla en cada año desde 1975-1980. Las tres modas de pesca fueron; cardúmenes que nadaban libremente, peces capturados en asociación con objetos flotantes y peces capturados en asociación con delfines.

Los peces capturados en asociación con delfines tuvieron la diferencia más grande entre el máximo y el mínimo de las tallas, siendo el extremo superior de esta diferencia inferior cerca a la costa que en las aguas de altura. La frecuencia de distribución de los peces capturados en asociación con objetos flotantes estuvo dominada por peces más pequeños. Los peces costeros capturados como cardúmenes libres fueron algo más grandes que los asociados con objetos flotantes y estos cardúmenes incluían en las aguas de altura algunos peces mucho más grandes.

Así que el aumento en la media de talla de los peces de altura parece que se deba tanto a los diferentes métodos de pesca como a la diferencia en talla capturada por cada tipo. Parece que de un año a otro cada estrato varía indepen-

dientemente. Hasta que no se conozca mejor el comportamiento de los peces, no podrá determinarse con confianza la distribución de talla de toda la población.

### ***Estudio de la proporción de sexos del atún aleta amarilla***

En 1982, se analizaron los datos de la proporción de sexos del atún aleta amarilla en el Pacífico oriental, para determinar si existían diferencias en la proporción de sexos entre los tipos de arte, zonas, tallas de los peces y temporadas. Se emplearon los datos de los estudios realizados anteriormente por la CIAT sobre la reproducción en los que se habían anotado los datos correspondientes al sexo. Se analizaron los datos de las embarcaciones palangreras del período 1958-1961 y se obtuvieron datos de la pesca epipelágica de dos períodos, 1958-1961 y 1970-1973. Se establecieron las zonas de muestreo (Figura 15) y se analizaron los datos por tipo de arte, zona y trimestres del año. En las Tablas 8-12 se presentan los datos combinados de cada zona y los resultados del análisis del ji-cuadrado.

#### ***La pesca palangrera***

Los datos de los palangreros se dividieron en dos zonas de muestreo en el Pacífico oriental. La Zona I se encuentra al norte de los 0° y la Zona II al sur de los 0°. El análisis de los datos de la Zona I revelaron una proporción algo más elevada de machos en los intervalos de las tallas pequeñas de 82-119 cm, sin embargo, el análisis del ji cuadrado no indicó una desviación significativa a la esperada de la relación 1:1. En la talla de los 120-129 cm, la Zona I incluía 52% de hembras y el porcentaje muestreado de hembras aleta amarilla aumentó a 58 por ciento entre las tallas de 130-139 cm. Este fue el único intervalo de talla en el que las hembras fueron predominantes en cada trimestre y en el que el análisis del ji cuadrado indicó un distanciamiento importante de la proporción pronosticada 1:1 debido a la mayor abundancia de hembras. El porcentaje de machos aumentó en las tallas de más de 140 cm y los valores del ji cuadrado fueron muy significativos en cada intervalo de talla. Se encontró que en las tallas de 160 cm el 95 por ciento de los peces muestreados eran machos.

Los datos combinados de la Zona II indicaron un exceso muy significativo de machos en cada intervalo de talla superior a los 100 cm. Se presentó un pequeño aumento en el número de hembras observado entre los 130-139 cm, sin embargo, la proporción de machos siguió siendo significativamente superior. Los datos de la Zona II, cuando se analizaron por trimestre, indicaron desviaciones muy significativas de la proporción 1:1 esperada del sexo durante el primer trimestre y el cuarto en casi cada intervalo de talla superior a los 100 cm, mientras que el segundo trimestre y el tercero no presentaron diferencias significativas en la proporción de sexos de tallas inferiores a los 140 cm.

#### ***La pesca epipelágica***

Se combinaron los datos de la pesca epipelágica de tres zonas para aumentar la magnitud de la muestra. No se observaron diferencias importantes en la pro-



porción de los sexos entre los trimestres y las zonas de muestreo del aleta amarilla que medía entre 60–129 cm. En estos intervalos de talla más pequeñas el 51–52 por ciento de los peces muestreados eran machos, sin embargo, se comprobó con el análisis del ji-cuadrado que esta diferencia no era significativa en estas tallas. En la talla de 130–149 el porcentaje de machos aumentó rápidamente en todas las zonas y trimestres, aunque se encontró que las zonas costeras tenían un porcentaje superior de machos (81%) al encontrado en las zonas de muestreo de altura (70%). En el intervalo de talla de 150–160 cm, todas las zonas epipelágicas muestreadas incluían un porcentaje de 90 o más machos y en las tallas de más de 157 cm no se encontraron hembras. En las tallas de más de 140 cm, los valores del ji-cuadrado demostraron ser significativos debido al elevado porcentaje de machos encontrado en todos los trimestres y zonas.

Según los datos analizados hasta ahora, es evidente que existen diferencias en la proporción de los sexos entre los tipos de arte y también dentro de los tipos de arte en el Pacífico oriental. En las clases de talla más grandes (>130 cm) el crecimiento diferencial, la mortalidad diferencial o ambos, pueden ser la razón de los elevados porcentajes de machos observados en ambos tipos de arte. El gran exceso de hembras observado en la Zona I en la clase de talla de 120–139 cm, puede ser una indicación del crecimiento diferencial, sin embargo, las tallas muestreadas eran pequeñas en esta zona y no se observaron grandes proporciones de hembras en ninguna otra zona. La gran proporción de machos observada en la Zona II en las tallas de más de 100 cm es considerablemente superior a la de los intervalos de talla similares de las artes epipelágicas y parece que se presentan también con mayor frecuencia en el primer trimestre y en el cuarto. Es interesante observar que otros investigadores han encontrado disparidad en la madurez sexual entre el aleta amarilla capturado por palangreros y el obtenido por las artes epipelágicas. Estas diferencias pueden indicar que ocurre una disponibilidad diferencial entre los sexos, relacionada tal vez a la madurez y reproducción.

### ***Estudios de los otolitos***

En 1982, se terminaron los cálculos de los incrementos de los otolitos del atún aleta amarilla ( $n = 196$ ) y se estableció la relación entre los incrementos y varios caracteres morfométricos. Se presentaron los detalles del método de cálculo y las cifras en el Informe Anual de la Comisión de 1981. Sin embargo, los investigadores de la CIAT tuvieron dudas sobre la validez de una relación, aquella entre la longitud de horquilla y los incrementos, debido a la poca varianza y a la falta de valores atípicos. Para determinar si los cálculos originales se encontraban influenciados en alguna forma, se dejaron pasar varios meses antes de someter una muestra aleatoria de 38 otolitos a un cálculo ciego. Los resultados, basados en una técnica de una regresión aproximada y en el análisis de la covarianza, demostraron que la varianza de los cálculos ciegos fue significativamente superior ( $F_{0.25,36,36} = 8.5^*$ ) que aquella de los valores originales. Por consiguiente, se justificó un recuento ciego de toda la muestra.

Se han vuelto a contar actualmente 32 réplicas y una regresión de los incrementos originales ( $I_o$ ) en los nuevos cálculos ciegos ( $I_b$ ) se expresa por la ecuación

$$I_o = -35.48 + 1.06I_b.$$

El coeficiente de regresión (1.06) es significativamente superior ( $t_{0.05,30} = 3.6^*$ ) a 1.0 e indica que los valores de  $I_o$  son algo superiores a  $I_b$ . Esta conclusión es tentativa y puede cambiar después de hacer otros cálculos que se han de preparar en los próximos meses.

### ***Estudios de la alimentación y la energética del atún aleta amarilla***

#### ***Proyecto de la evacuación gástrica***

Está casi por terminarse el análisis de los datos de los experimentos de la evacuación gástrica del aleta amarilla cautivo en 1981. Se emprendieron los experimentos explicados detalladamente en el Informe Anual de la Comisión de 1981, para estimar las proporciones del consumo de alimento del aleta amarilla en el Pacífico oriental, usando muestras estomacales de la captura comercial. La proporción de la evacuación gástrica por hora, determinada por los experimentos, se emplea para ajustar los datos de la media del nivel de alimento en los estómagos para estimar el alimento ingerido por hora. Se alimentaron los atunes aleta amarilla cautivos y diferentemente marcados, utilizando una mezcla de cuatro especies alimenticias, caballas (*Scomber japonicus*), calamares (*Loligo opalescens*), eperlanos (*Hypomesus pretiosus*) y nehu (*Stolephorus purpureus*). En resumen, el procedimiento experimental consistió en anotar el peso de cada partícula alimenticia, la hora en que se ingerió y luego se sacrificaron los peces a varios intervalos de tiempo después de ser alimentados y se extrajeron y pesaron los organismos parcialmente digeridos que permanecían en los estómagos después de muertos.

Se realizaron 10 experimentos de evacuación. La cantidad media ingerida por los 69 atunes aleta amarilla de todos los cuatro tipos de alimento fue 77.2 g, la desviación normal 36.4 g y el peso húmedo fluctuó de 15.8 a 164.8 g. En términos del porcentaje del peso del cuerpo (volumen de la ración) la cantidad media ingerida fue 8.54%, la desviación normal 3.88% y el peso húmedo del alimento varió de 1.31 a 18.31% –basados en el peso húmedo del pez. Se observó una correlación negativa significativa entre el volumen de la ración y el cuerpo del pez, excluyendo el peso del contenido estomacal ( $r = -0.439$ ,  $n = 69$ ,  $p < 0.001$ ). Los 69 atunes aleta amarilla usados en los experimentos produjeron 45 observaciones de caballas, 46 observaciones de calamares, 50 observaciones de eperlanos y 30 observaciones de nehu. En la Figura 16, se presentan los diagramas de dispersión de cada especie alimenticia representante del porcentaje de la comida experimental obtenida en el estómago versus las horas después de la alimentación.

Antes de continuar el análisis, se editaron las cuatro series de datos para eliminar un sesgo causado por la varianza asimétrica de las horas de alimentación después de haber pasado bastante tiempo. El sesgo, inherente en este tipo de datos, si no se corrige, resultaría en que la distribución aparecería irregularmente curvilínea después de que ha pasado bastante tiempo desde la hora de alimentación. Se ajustaron luego los datos editados de cada organismo alimenticio a tres modelos matemáticos, uno lineal, otro exponencial y el de las raíces cuadradas. Estos tres modelos se han utilizado frecuentemente en los estudios de los índices de la evacuación gástrica de los peces. Mediante el análisis completo de los errores residuales de cada ajuste, se determinó que de las tres funciones, el modelo lineal provee el mejor ajuste para todas las cuatro series de datos. Las ecuaciones de los mínimos cuadrados de la regresión lineal de cada tipo de alimento, en que  $Y$  = porcentaje de la comida experimental recuperada en los estómagos y  $X$  = horas después de la alimentación, son:

Especie alimenticia	Ecuación de regresión	$r^2$
Caballas	$Y = 76.0 - 4.10 X$	71.1
Calamares	$Y = 84.7 - 8.00 X$	72.9
Eperlanos	$Y = 79.1 - 7.60 X$	50.9
Nehu	$Y = 72.7 - 11.82 X$	50.4

Los coeficientes de regresión (4.10, 8.00, 7.60 y 11.82) representan los índices de la evacuación gástrica (porcentaje de alimento eliminado del estómago por hora) respectivamente de caballas, calamares, eperlanos y nehu.

Los datos fueron sometidos a los análisis de covarianza (ANCOVA) para determinar las consecuencias, si es que había alguna, del tipo de alimento, volumen de la ración y tamaño del cuerpo de los peces en el índice de evacuación. Los resultados de las pruebas del tipo de alimento indicaron que los índices de evacuación de los calamares, eperlanos y nehu no eran significativamente diferentes los unos de los otros, pero el índice de las caballas fue significativamente diferente de todos los otros al nivel de significación del 95%. Sin embargo, la intercepción de  $Y$  (porcentaje de alimento en la hora cero) de las líneas de regresión de los calamares, eperlanos y nehu no fue homogénea de acuerdo a la prueba de ANCOVA. Los resultados de la prueba del volumen de la ración (cantidad experimental de alimento en términos del porcentaje del peso del cuerpo) indicó que la cantidad de alimento en el estómago no afectaba significativamente el índice de la evacuación gástrica en el de las caballas. Las pruebas de ANCOVA del efecto del tamaño del cuerpo del aleta amarilla sobre el índice de la evacuación, indicaron que los coeficientes de regresión en cada caso no fueron significativamente diferentes. Por consiguiente, el índice de evacuación de cada tipo de alimento no cambia significativamente con el tamaño del cuerpo del aleta amarilla entre los límites de talla de los peces estudiados (220–1756 g, 23.6–45.1 cm).

Se emplearán en un modelo los índices de la evacuación gástrica determinados en este estudio, para estimar los índices diarios del alimento ingerido por el aleta amarilla en el Pacífico oriental. Los índices de consumo suministrarán una estimación experimental del promedio de la energía total consumida para compensar la suma de los componentes de la energía acumulada. Se harán estimaciones de la biomasa de cada una de las principales especies de presa consumidas por la población del aleta amarilla en el Pacífico oriental.

### ***Relación trófica entre los atunes y su presa***

En los últimos años, se ha continuado el trabajo en colaboración con otras oficinas para obtener más conocimiento acerca de la estructura trófica de la trama alimenticia pelágica en el Océano Pacífico oriental y la posición y el papel que desempeñan el aleta amarilla y el barrilete en ese ecosistema. La exploración de la energía y de las relaciones alimenticias en las comunidades de animales, son importantes desde el punto de vista de la producción, administración y también en la protección de las especies que son importantes para la humanidad. Dos métodos que han demostrado ser valiosos en encontrar los eslabones de la trama alimenticia en la pesca atunera del Pacífico Oriental, han provisto el vínculo de información entre el contenido estomacal, los datos de la proporción cesio-potasio y la proporción del isótopo estable de carbono de las principales especies en el ecosistema. Los resultados del estudio de la proporción cesio-potasio se sumarizan en el Informe Anual de la Comisión de 1980 y se han publicado en una revista científica externa.

Las proporciones del isótopo estable de carbono en los materiales orgánicos se han empleado como indicadores naturales para 1) identificar las fuentes del carbono orgánico en el ambiente (es decir, comunidades diferentes de producción) y 2) para delinear el recorrido de la circulación del carbono a niveles superiores en la cadena alimenticia. Lo primero es posible ya que las especies individuales de plantas o grupos poseen las únicas proporciones estables de carbono,  $^{13}\text{C}$  y  $^{12}\text{C}$ , debido a la bioquímica diferencial de la fijación fotosintética del bióxido de carbono de las diferentes plantas, incluyendo al fitoplancton. El segundo empleo es el tema de este estudio. Aunque la proporción  $^{13}\text{C}:^{12}\text{C}$  del tejido del animal es muy semejante a la proporción  $^{13}\text{C}:^{12}\text{C}$  de la dieta del animal, se ha observado en éste una elevación pequeña pero significativa de la proporción  $^{13}\text{C}:^{12}\text{C}$  relativa a la del alimento disponible. En varias comunidades marinas, se ha informado, un aumento sistemático en esta proporción como una función del nivel trófico supuesto. Así que el análisis del isótopo estable de carbono, vinculado con los estudios del contenido del estómago, puede proveer una imagen unificada de los eslabones principales de la trama alimenticia.

La mayoría de las muestras de los análisis se recolectaron en abril de 1980, frente a la costa de la América Central, durante el Crucero 1089 de marcado. Se obtuvieron las muestras de tejido de los músculos y de los estómagos de 4 tiburones lustrosos (*Carcharhinus falciformis*), 36 atunes aleta amarilla y 44 bar-

riletes. Se obtuvieron también varias muestras de zooplancton y algunas de las especies principales de presa de los atunes, incluso melvas (*Auxis thazard*), peces voladores (*Oxyporhamphus micropterus* y *Exocoetus* sp.) y calamares (*Symplectoteuthis oualaniensis*). Los ejemplares se obtuvieron por la pesca con carnada, curricán, salabardos, arrastrando una red de plancton y de los estómagos de los depredadores.

El análisis del contenido estomacal suministró datos para calcular el Índice de la Importancia Relativa (IR) de cada especie depredadora. Esta información y el conocimiento anterior de los hábitos alimenticios de la presa suministraron la forma de asignar una estimación numérica del nivel trófico de cada especie consumidora analizada. Los cinco niveles tróficos convencionales reconocidos son: I, productores primarios (autótrofos); II, herbívoros (se alimentan de I); III, carnívoros primarios (se alimentan de II); IV, carnívoros secundarios (se alimentan de III) y V, carnívoros terciarios o máximos (se alimentan de IV). G. H. Rau, NASA, Ames Research Center, analizó el contenido del isótopo de carbono de cada muestra usando un espectrómetro de masa.

Según la regla convencional se informó que  $\delta^{13}\text{C}$  es la proporción resultante del isótopo de carbono de cada muestra en donde:

$$\delta^{13}\text{C} = \left( \left( \frac{^{13}\text{C}}{^{12}\text{C}} \right)_{\text{muestra}} \div \left( \frac{^{13}\text{C}}{^{12}\text{C}} \right)_{\text{PDB}} \right) - 1 \times 1000 \text{ o/oo}$$

(PDB se refiere al patrón del carbonato "belemnite" de la formación geológica Peedee en South Carolina, EEUU). En la Tabla 13 se presentan las proporciones  $\delta^{13}\text{C}$  y el nivel trófico estimado de cada componente analizado de la trama alimenticia. La macrofauna tenía valores considerablemente superiores (menos negativos) del isótopo que el zooplancton recolectado en la misma zona. Puede que esta diferencia se deba en parte al análisis en masa de la biomasa del zooplancton y no del músculo analizado exclusivamente en los otros animales. Se ha demostrado que los músculos y otros tejidos ricos en proteínas exhiben valores  $\delta^{13}\text{C}$  algo más elevados con relación a los de organismos enteros, especialmente los tejidos con muchos lípidos. Al excluir los valores del plancton, la media  $\delta^{13}\text{C}$  analizada de cada consumidor se correlacionó estrechamente con el nivel trófico estimado ( $r = 0.82$ ). El promedio de incremento en  $\delta^{13}\text{C}$  del nivel trófico fue 0.84 o/oo (partes por mil). Los resultados indicaron un aumento sistemático en la posición trófica, respectivamente de los calamares, peces voladores, melvas, barriletes, aleta amarilla y tiburones lustrosos en el Pacífico oriental. Aunque los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  del aleta amarilla y barrilete son casi idénticos, la proporción cesio-potasio indicó que el aleta amarilla ocupa una posición considerablemente superior al barrilete en la trama alimenticia. Esto se encuentra también apoyado por los estudios de los hábitos alimenticios.

Aunque no se conoce(n) el (los) mecanismo(s) exacto(s) del incremento de la proporción  $^{13}\text{C} : ^{12}\text{C}$  con el aumento del nivel trófico, este estudio comprueba la

existencia de pequeños aumentos progresivos de la proporción en el tejido de los animales con relación a la posición trófica. Estos resultados corroboran las conclusiones del estudio de la proporción cesio-potasio y refutan la idea sostenida anteriormente de que la trama alimenticia marina se encuentra en su mayoría sin organizar.

***La pesca de aleta amarilla y barrilete por pequeños barcos de carnada ecuatorianos***

La pesca de barrilete y del aleta amarilla por pequeños barcos ecuatorianos empezó a mediados de la década de 1950. En 1957, se establecieron por primera vez enlatadoras en Manta (Ecuador). Los descargues de atún en Manta han sido registrados desde 1957, por el personal de la Comisión. En los primeros días de la pesquería, la flota de Manta consistía en su mayoría de pequeños barcos de carnada (Clase 1 de arqueo,  $\leq 50$  toneladas de capacidad) sin refrigeración, que pescaban a unas 60 millas de la costa y regresaban el mismo día para descargar los peces. Había unos pocos bolicheros (cerqueros pequeños, clase 1 de arqueo,  $\leq 50$  toneladas de capacidad, sin refrigeración) que pescaban también en la misma zona y regresaban el mismo día. El número de bolicheros ha sido pequeño (1-8) hasta los últimos años, estos barcos se han dedicado principalmente a la pesca del arenque de hebra (*Opisthonema libertate*). La captura de atunes obtenida por los bolicheros siempre ha sido pequeña y no se menciona en este análisis. En la Tabla 14 se presenta el número de los pequeños barcos de carnada que han estado pescando y su capacidad colectiva durante el período de 1957-1981. El número de barcos de carnada aumentó de 17 en 1957 a 60 en 1968, luego se redujo a 11 en 1981. La capacidad aumentó de 325 toneladas en 1957 a 1,760 toneladas en 1972 y se redujo luego a 328 toneladas en 1981. La reducción en el número de barcos de carnada coincide con el aumento en el número de embarcaciones cerqueras ecuatorianas que comenzó con un barco en 1968, alcanzando a 41 barcos en 1979 y 1980.

En la Figura 17, se presenta la media del porcentaje mensual de las capturas anuales de barrilete de los pequeños barcos de carnada ecuatorianos. Las capturas alcanzaron su máximo en junio, obteniéndose el 49% de la captura anual en mayo, junio y julio, las capturas más bajas se obtuvieron en febrero y marzo. El centro de pesca se localiza en Manta (Ecuador), donde se encuentran las principales enlatadoras. La media de la temperatura superficial del mar (TSM) varía poco aquí, de una baja de 24.5°C en agosto a una alta de 26.3°C en febrero. No parece existir relación entre la distribución estacional de las capturas y la TSM en Manta. En la Libertad (Ecuador), localizada a unas 77 millas náuticas al sur de Manta, la amplitud de la media mensual de la TSM es muy superior. Aunque se indica en la Figura 17 que las capturas bajas de barrilete en febrero y marzo coinciden con las altas TSM en la Libertad, no existe una correlación significativa entre los valores de la media mensual del porcentaje de captura y la TSM.

La mejor medida del esfuerzo anual de captura hubiera sido el número de días de pesca de los barcos de carnada, pero el archivo está incompleto, así que,

en cambio, se empleó el número de barcos de carnada y la capacidad de la flota como medida preliminar del esfuerzo. Sin embargo, cuando había escasez de peces muchos barcos de carnada permanecían en puerto. Estas medidas del esfuerzo basadas en la magnitud y capacidad de la flota, sobreestimaron, por consiguiente, el esfuerzo actual aplicado durante los años de poca pesca. El promedio de la capacidad de los barcos de carnada en 1957-1967, era de 17 a 20 toneladas y comenzó a aumentar en 1968, alcanzando 36 toneladas en 1976, reduciéndose luego a 30 toneladas en 1980 y 1981. El índice anual de la abundancia tanto del aleta amarilla como del barrilete se calculó para ambas especies como captura por barco (CPB) y captura por capacidad de la flota (CPCF).

En la Figura 18, se presenta el número anual de barcos que han estado pescando, las capturas de barrilete y la CPB. Las capturas y las CPB indican una tendencia ascendente en los años impares al compararlos con los años pares adyacentes, pero no se tiene ninguna explicación acerca de esto. Aún más importante, las capturas de barrilete presentan una reducción marcada después de 1971. Esta reducción es similar a la observada en la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) del barrilete capturado por barcos cerqueros de la flota internacional supervisada, en la zona de 5 grados que incluye el Golfo de Guayaquil ( $0^{\circ}$ - $5^{\circ}$ S,  $80^{\circ}$ - $85^{\circ}$ W) y en las 7 zonas de barrilete de 5 grados, localizadas entre los  $5^{\circ}$ N y los  $10^{\circ}$ S. El coeficiente de correlación de las categorías ( $r_s$ ) de la CPUE en la zona del Golfo de Guayaquil y de la CPB de los barcos pequeños de carnada ecuatorianos es 0.63 ( $P < 0.01$ ) en el período de 1961-1981. Se ha indicado que la reducción en la abundancia del barrilete frente al Ecuador en los últimos años, como lo indica la pesca de los barcos de carnada, puede ser causada por los barcos cerqueros que reducen la población antes de que el barrilete penetre las zonas donde pescan los barcos de carnada. Pero los datos indican que las capturas de barrilete obtenidas por los cerqueros en la zona del Golfo de Guayaquil, se han reducido después de 1971, excepto en 1975, cuando hubo una gran captura. Las capturas de barrilete en las 7 zonas de 5 grados desde los  $5^{\circ}$ N a los  $10^{\circ}$ S no han indicado ninguna tendencia. La reducción en la abundancia de las capturas de barrilete obtenidas por los pequeños barcos de carnada ecuatorianos, no parece que haya sido causada por la pesca cerquera el sur de los  $5^{\circ}$ N, por el contrario, refleja los cambios en la abundancia, vistos allí.

Se verificó la CPB del barrilete versus el índice de la mezcla del viento ( $V^3$ ) en las zonas de desove del barrilete del Pacífico central, aproximadamente año y medio antes y  $r_s$  fue  $-0.72$  ( $p < 0.01$ ). Para el  $V^3$  y la CPUE de barrilete por embarcaciones cerqueras  $r_s$  fue  $-0.44$  ( $P = 0.05$ ) en la zona del Golfo de Guayaquil y  $-0.60$  ( $p < 0.01$ ) en las zonas de 5 grados al sur de los  $5^{\circ}$ N. Se pueden explicar parcialmente los valores más elevados de la CPB y de la CPUE en los años sesenta por la poca velocidad del viento en la época del desove y los valores bajos de los años setenta por la velocidad mayor del viento. Estas son sólo correlaciones estadísticas y no se tiene aún prueba de que exista una relación funcional entre la abundancia del barrilete y la velocidad del viento.

Como no se tienen registros continuos de la temperatura superficial del mar (TSM) en la zona de pesca del barrilete y del aleta amarilla de los pequeños barcos de carnada ecuatorianos, se calculó la media anual de la TSM de las dos zonas de 5° frente al Ecuador (5°N-5°S, 80°W-85°W). La CPB de barrilete y las desviaciones de la línea de regresión de las categorías de la CPB y el índice de la mezcla del viento fueron probados contra la TSM en las dos zonas como se explicó en la sección de la TSM en las zonas de pesca del barrilete (Página 174). Los valores  $r_s$  no fueron significantes: -0.21 para la CPB y -0.12 para las desviaciones. Los resultados son similares a los de la CPUE del barrilete de la flota cerquera supervisada y a las TSM de la 22 zonas de barrilete.

### *Estudios del atún aleta azul (Thunnus thynnus)*

#### *La pesca en 1982*

Las primeras capturas registradas de la temporada del *T. thynnus* en 1982, se obtuvieron frente a Baja California a mediados de julio. Desde los años cincuenta, nunca se había principiado tan tarde la temporada de pesca del *T. thynnus* ya que en la mayoría de los años, las primeras capturas se obtenían a fines de mayo o en los primeros días de junio. En julio la zona de captura se extendió aproximadamente desde los 27°N a los 33°N. En agosto las capturas se obtuvieron entre los 28°N y los 33°N y en septiembre y octubre la zona de captura se redujo a los 30°N y 33°N. Las últimas capturas registradas de la temporada fueron a mediados de octubre. No se registró captura al sur de los 27°N. Este es el primer año en la serie de los registros de bitácora desde 1961, que la zona de captura no se extendió al sur hasta los 25°N; en la mayoría de los años el *T. thynnus* se captura tan lejos al sur como los 23°N.

La estimación preliminar de toda la captura de esta especie en 1982, es algo inferior a 3,200 toneladas. Esta supera la captura de 1981 de 1,168 toneladas, que fue la más baja desde 1933, siendo casi igual a la de 1980, de 3,164 toneladas. El promedio de captura de 1980-1982, es aproximadamente 2,500 toneladas. En contraste, el promedio de captura de 1970-1979, fue aproximadamente de 8,600 toneladas.

La distribución anual frecuencia-talla de las capturas cerqueras del *T. thynnus* norteño, obtenidas en el Océano Pacífico oriental en 1977-1982, se presentan en la Figura 19. La moda principal en la captura de 1982, es entre 60 y 70 cm. El peso promedio de *T. thynnus* en 1982, es 17.4 libras. Este es el peso promedio más bajo desde que se inició el programa de muestreo en 1973. Sin embargo, la composición de talla no se diferencia mayormente de la de 1978, excepto por la ausencia de peces de más de 100 cm.

#### *Datos japoneses de las frecuencias de talla y del peso-talla*

En el verano de 1982, se envió un empleado de la CIAT a la Isla de Shikoku (Japón) para que marcara *T. thynnus* en la pesca local con curricán. Además del



marcado, midió 229 *T. thynnus*, la mayor parte en el mercado local de pescado y pesó 131 de éstos para establecer la relación peso-talla.

### *Estudios de la edad*

En 1982, se continuó el trabajo para tratar de determinar la edad del *T. thynnus*, basado en los análisis de las marcas de las partes óseas, conforme se describe en el Informe Anual de 1980 y 1981. Se continuó el muestreo tanto en el Pacífico oriental como en el Japón y se analizó el material de los experimentos de marcado con tetraciclina, iniciado durante el verano de 1981, en el Japón.

El programa de muestreo iniciado en 1980, para muestrear regularmente los descargues del Pacífico oriental, continuó al iniciarse la temporada a fines de julio. Como se había hecho anteriormente, las muestras frecuencia-talla consistieron de 50 peces cada una y se extrajeron las escamas, espinas, radios, vértebras y otolitos de cada quinto pez. Se habían recolectado al fin del año 34 muestras, representantes del 40% de la captura, con la posibilidad de obtener 5 muestras más, ya que varios barcos seguían en el mar teniendo *T. thynnus* a bordo. En la mayoría de los años, los peces aparecen primero en mayo cerca a los 24° de latitud norte, en cambio en 1982, los primeros peces fueron capturados en julio aproximadamente a los 27°-28°N. La mayor parte de las capturas se realizaron al norte de los 30°N. El promedio de talla de esta especie fue más pequeño en 1982, que en 1980-1981 y probablemente estaban en su segundo año de vida [1+], en cambio los peces de 1980 y 1981, estaban en su tercer año de vida [2+].

En el verano de 1981, se inició un experimento de marcado para esta especie en el Japón, inyectando una porción de los peces con oxitetraciclina (OTC), un compuesto específico de calcio que se incorpora en las partes óseas durante el crecimiento. En realidad, esto forma una marca artificial de la cuál se conoce el tiempo de formación y por la que se puede determinar el significado temporal de las marcas naturales. La microestructura de los otolitos de *T. thynnus* tiene incrementos similares a los de otras especies que se conoce tienen una periodicidad diaria.

En 1981 se marcaron en total 3,297 *T. thynnus*, de los cuales se inyectaron 883 con OTC. Hasta ahora, se han recapturado unos 332, de los cuáles 136 habían sido inyectados con OTC. Fluctuaron en talla de 15-28 cm cuando fueron liberados con una media de 20 cm y estuvieron en libertad desde unas pocas semanas hasta 400 días. El análisis de los datos del ji-cuadrado (sin considerar ni a la persona que los marcó ni la fecha) indica que se devolvieron significativamente muchos más peces inyectados con OTC ( $\chi^2_{.05,1 \text{ df}} = 34.08$ ) que peces sin inyectar. Los índices de crecimiento de los peces de control y de los peces inyectados se compararon en los estratos de tiempo por un análisis de dos factores de la varianza y no se encontraron diferencias ( $F_{.01,(1,6)} = 1.15$ ). Los índices de crecimiento fluctuaron de 3.5 a 8.4 cm/mes para los peces que estuvieron en libertad de 19 días hasta cerca de un año (Figura 20; Tabla 15).

En total se tenían sólo 31 otolitos para el examen, ya que la mayoría de las marcas de los peces inyectados con OTC, fueron devueltas sin los peces. Cuando fueron recapturados los peces medían de 34 a 68 cm, con una media de 48.2 cm.

Se analizaron los otolitos enteros bajo un microscopio compuesto, con dos juegos de lentes con una magnitud de 720×. Los incrementos diarios en el área de la marca de tetraciclina fueron, en este caso, indistinguibles y difíciles de contar ya que incluían en su estructura numerosos incrementos subdiarios pequeños, que son mucho más anchos y menos uniformes que los encontrados en la parte más posterior de los otolitos de los peces más grandes.

Según el análisis de 29 de los 31 pares de otolitos, se ajustó a un modelo de regresión lineal sencillo  $Y = a + bX$ , lo que resultó en la ecuación

$$\bar{I} = -0.823 + 0.992 D$$

en la que  $\bar{I}$  = el número medio de los incrementos desde la marca de OTC hasta el borde del otolito,  $D$  = días en libertad,  $r^2$  (se ajustó para los grados de libertad) = 99.8%. La línea (Figura 21) no es significativamente diferente de 1:1 ( $t_{0.05, 27 df} = 1.006$ ). Los límites de confianza del 95% de la pendiente ( $b$ ) y de la intersección ( $a$ ) son  $b \pm 0.0169$  y  $a \pm 0.358$ .

El objetivo principal de un investigador que esté interesado en el análisis de los incrementos es crear las normas para decidir con certeza y firmemente cuáles formaciones de los otolitos tienen una periodicidad diaria. Las características secundarias morfológicas de los otolitos de los atunes, como son las oclusiones, división de los incrementos, interrupción del crecimiento y la localización de los incrementos en el otolito, presentan un elemento de interpretación relativa. Como resultado, los lectores individuales conciben señales visuales para identificar las unidades diarias. La experiencia anterior referente al análisis de la OTC en el atún aleta amarilla indicó una correspondencia de 1:1 entre los incrementos y los días en libertad en un intervalo determinado de crecimiento (longitud de horquilla de 40 a 110 cm). Sin embargo, otros análisis similares de barriletes (longitud de horquilla de 42 a 64 cm) indicaron una razón inferior a 1:1. La unidad básica de cálculo (incremento diario) permaneció igual en ambas especies, pero las características secundarias fueron bastante diferentes. Se cree, sin embargo, que la desviación de la razón 1:1, del barrilete, se debió a interrupciones en el crecimiento y no a las diferencias de lo que constituye un incremento diario.

En el límite de talla estudiado del *T. thynnus*, los resultados del marcado indican que el índice de crecimiento de los peces durante el tiempo del experimento fue rápido. Bajo estas condiciones las formaciones que parecen ser incrementos son mucho más anchas que en otras áreas y forman amplios arcos que frecuentemente se dividen en subunidades a lo largo del recorrido calculado, pero se unifican en incrementos individuales, laterales al trayecto. Por consiguiente,

es difícil la interpretación y no se han realizado otras investigaciones sobre esta fase del crecimiento del *T. thynnus* u otros atunes, que puedan servir de guía en nuestro estudio.

Por esta razón y como los datos publicados indican que los incrementos se depositan diariamente durante el primer crecimiento, se examinaron los primeros otolitos conociendo el número de días en que los peces estuvieron en libertad para poder establecer rápidamente las pautas. Debido a ésto, ese procedimiento sesga el cálculo al pronosticar una razón aproximada de 1:1 porque está basada, en cierto modo, en la lógica circular. Si las pautas concebidas, basadas en estos pocos otolitos, se aplica rígidamente al resto de los otolitos y se encuentra que la razón de los incrementos con relación a los días libres es 1:1, entonces, se puede suponer que la interpretación es uniforme entre los individuos, la formación definida por las pautas es de una periodicidad diaria y no se interrumpe el crecimiento entre estos límites estudiados de la longitud de horquilla. Estos experimentos no comprueban si los incrementos son o no de una periodicidad diaria; más bien permiten que el investigador formule el criterio sobre una suposición *a priori* referente a la existencia de los incrementos diarios. La estructura del experimento no permite que se compruebe el significado estadístico.

Los resultados y las razones anteriormente expuestas, indican que existe una gran probabilidad de que se produzcan incrementos diarios en el *T. thynnus* que se encuentra entre estos límites de talla. Otros análisis de otolitos de peces más grandes, sexualmente maduros o de peces que se desplazan, pueden demostrar lo contrario, así que estos resultados son experimentales.

En septiembre, un buceador deportista capturó un *T. thynnus* gigante (215.6 cm, 180.9 k), cerca a la Isla de Guadalupe (29°11'N -118°17'W) que es una zona reconocida residencial de los grandes *T. thynnus*. Se extrajeron las partes óseas de este ejemplar y, hasta ahora, es el pez más grande que se haya muestreado en este estudio. No pudieron leerse las escamas aunque formaban parte del pedúnculo caudal. No se pudieron leer tampoco las espinas dorsales ya que mostraban una tendencia a reabsorber el centro de la espina, como se encontró en los peces pequeños. Las vértebras caudales (33-35) fueron teñidas con alizarina y examinadas por cinco investigadores, dos de los cuales tenían una gran experiencia en leer las vértebras del *T. thynnus* gigante del Atlántico. Todos los lectores encontraron 10 marcas en la vértebra no. 35, lo que se aproxima bastante a las estimaciones realizadas por investigadores anteriores que usaron vértebras, escamas y otolitos del *T. thynnus* de esa talla en el Pacífico y el Atlántico. Asimismo, las estimaciones de las secciones transversales de los otolitos fueron 10, aunque las primeras siete marcas fueron difíciles de interpretar. Sin embargo, es demasiado prematuro decir que estos peces tienen 10 años, sin comprobar antes la periodicidad de las marcas. Es interesante observar que la edad estimada de este pez es muy próxima a la de los peces del Atlántico de la misma talla.

***Estudios del barrilete negro (*Euthynnus lineatus*)******La pesca en 1982***

Los descargues de *E. lineatus* por bandera y país de desembarque de la flota atunera del Pacífico oriental se presentan en la Tabla 2. La mayoría de las capturas y de los descargues de esta especie (71%) fueron realizados por embarcaciones cerqueras ecuatorianas entre febrero y septiembre. Las capturas principales se obtuvieron en una zona frente al Ecuador y Colombia entre los 2°N y 6°N y al este de los 85°W. El 91% de los lances realizados en los que se capturó *E. lineatus* fueron sobre objetos flotantes.

***Composicion de talla y crecimiento***

La distribución anual frecuencia-talla del *E. lineatus* muestreado en el Océano Pacífico oriental en 1977-1982, se presenta en la Figura 22. Se efectuó un trabajo especial para obtener las muestras en 1981 y se presenta a continuación el análisis de esos datos.

En la Figura 23, se presenta la composición de talla de los descargues del *E. lineatus* capturado en 1981, en todas las zonas combinadas de muestreo y las zonas 4, 5 y 6 (Figura 30, del Informe Anual de la Comisión de 1981). Siguiendo el método de la Comisión, Boletín Vol. 16, No. 2, se calculó una estimación del promedio del peso de *E. lineatus* capturado y descargado en cada una de estas regiones geográficas. La mejor estimación actual del peso promedio de *E. lineatus* en 1981, en el Pacífico oriental se presenta en la Figura 23. Obsérvese que el promedio del peso de los peces capturados por cerqueros en la zona 6, especialmente frente a Colombia, es considerablemente inferior al promedio del peso de los peces capturados en la zona 5, especialmente frente a Costa Rica.

En el polígono frecuencia-talla de todas las zonas muestreadas en 1981, la moda predominante fue de 43 cm, en la Zona 4, 46 cm en la Zona 5, 45 y 51 cm y en la Zona 6, 32 y 45 cm. Las dos modas en la zona 6 en el polígono frecuencia-talla, pueden anotarse como grupo modal I y grupo modal II. La anotación de estas modas no significa necesariamente que representan grupos de edad sucesivos de un año a otro o que se conoce la edad absoluta de una y otra moda. Sin embargo, si las modas representan grupos sucesivos de edad, la media del índice de crecimiento del *E. lineatus* en la zona 6 fue de unos 13 cm/año para los peces entre 32 y 45 cm.

Los análisis preliminares de los datos del marcado de *E. lineatus* recapturados, provenientes del crucero de marcado 1095, realizado en 1981, frente a la América Central y la parte septentrional de Sudamérica, se presentan en este informe anual bajo la sección titulada "Marcado de Atún." Parece que los barriletes negros recapturados, provenientes del crucero 1095, que tenían un promedio de talla de 41.0 cm en el momento de la liberación, tuvieron en esta zona geográfica un índice promedio de crecimiento de 0.37 mm/día o sea 13.5 cm/año. Así que el

índice estimado de crecimiento del polígono bimodal frecuencia-talla indicado en la zona 6, basado en la suposición anteriormente presentada, puede compararse con el derivado de los datos del marcado y, aunque estas modas son relativas, pueden representar grupos sucesivos de edad de un año aparte en los que la edad de los peces son respectivamente 1 y 2 años.

Se presenta en la Figura 24, la distribución trimestral frecuencia-talla de la zona 5 en 1980-1981. Se encuentran unos máximos definidos con modas claramente determinadas, que aunque no se han anotado, son evidentes en esta figura. Si inscribimos la moda individual en el 1 trimestre (1T) a los 45 cm como grupo modal II y seguimos su progresión, en el 2 trimestre (2T) la moda sería a los 49 cm y en el 3 trimestre (3T) a los 51 cm. Basados en la progresión de esta moda, una estimación del índice del crecimiento anual de *E. lineatus* (correspondiente a ejemplares de una talla de más de 45 cm) en esta zona en 1981, sería de unos 8 cm/año. El análisis preliminar de los datos de marcado de *E. lineatus* del Crucero 1096, presentado en este informe anual bajo la sección titulada "Marcado de Atún" revela que los peces que tenían un promedio de talla de 47.5 cm cuando fueron liberados, tuvieron un índice promedio de crecimiento de 0.24 mm/día o sean 8.8 cm/año. Así que el índice anual de crecimiento, estimado por la técnica de la progresión modal, puede compararse favorablemente con el estimado de los datos de marcado de los peces que tengan una talla similar.

### **Reproducción**

Se está investigando la biología reproductiva del barrilete negro para obtener información sobre 1) las zonas de desove y duración del período de desove, 2) tandadas de huevos desovados anualmente, 3) talla mínima de la madurez sexual y porcentaje de reproductores en al mismo grupo de talla 4) fecundidad de los diferentes grupos de talla y 5) proporción de sexos.

En 1980-1981, los investigadores recolectaron ovarios de *E. lineatus* y los congelaron. Las muestras provinieron principalmente de los descargues de cerqueros en las enlatadoras (véase informe anual de la CIAT de 1981, Tabla 15). Además, se recolectaron en los cruceros de marcado de la Comisión de 1980 y 1981, ovarios de ejemplares recientemente capturados de *E. lineatus*, preservados en una solución de formol normalizada y estabilizada al 10%.

En 1982, se hizo un estudio experimental que consistió en el examen microscópico y en el análisis de cortes histológicos del tejido de los ovarios de ejemplares de *E. lineatus* muestreados a bordo versus los descargados en las enlatadoras por embarcaciones cerqueras. Los cortes del tejido muestreado, preparados de la porción central del ovario unas pocas horas después de la muerte y conservados en formol son de buena calidad, permitiendo el análisis histológico detallado del ovario. Particularmente, se puede distinguir e identificar fácilmente la presencia de los folículos postovulatorios (residuos de los folículos después de la ovulación), la atresia folicular y la condición de los huevos

atrésicos. Los cortes histológicos preparados del tejido de los ovarios obtenidos de ejemplares congelados y muestreados después de haber sido descargados por los cerqueros, no pueden usarse en su mayoría a causa de la degeneración del tejido ovárico después de la muerte. Aunque pueden reconocerse los oocitos y se pueden medir, no existe virtualmente diferenciación de las células en estos cortes. Parece que sólo el tejido recolectado y preservado de los ovarios de ejemplares que no han estado muertos más de 5 ó 6 horas es lo suficientemente bueno para los objetivos histológicos.

Una evidencia sólida del desove la suministra la presencia de los folículos postovulatorios (PO's), identificados sólo mediante la preparación histológica y el examen microscópico. Sin embargo, basados en la investigación de otros reproductores pelágicos los folículos postovulatorios, son presumiblemente reabsorbidos con bastante rapidez, ya que no pueden identificarse unas 72 horas después del desove. Los huevos hidratados pueden identificarse con precisión sin la preparación histológica y como tienen presumiblemente una duración de no más de 24 horas, pueden usarse como un indicador del desove diario. Se empleará el conocimiento histológico junto con las medidas del diámetro de los oocitos para asignar las etapas de maduración a los índices gonosomáticos obtenidos de los ejemplares muestreados.

La presencia de huevos hidratados y de los folículos postovulatorios en algunos de los ejemplares muestreados suministran una firme evidencia de que el *E. lineatus* desova en marzo frente a la América Central y en octubre alrededor de la Isla de Clipperton. Los óvulos en el grupo más avanzado de *E. lineatus* que maduraron tardíamente miden unos 0.6 mm en diámetro. Además, existen unas tres modas más pequeñas de óvulos con un promedio respectivo de 0.4, 0.2 y 0.1 mm en diámetro. En el momento de la hidratación, justamente antes del desove, los óvulos aumentan en diámetro de unos 0.6 mm a unos 0.8–0.9 mm en la moda más avanzada. El diámetro de estos óvulos sueltos e hidratados, conservados en formol, es de unos 0.9 mm, pero probablemente es de unos 0.9–1.1 mm bajo condiciones naturales, ya que el formol los reduce.

El ejemplar más pequeño sexualmente maduro, encontrado hasta ahora y en condiciones de desovar medía 46 cm y se identificó basados en los óvulos hidratados presentes en el ovario. Sin embargo, la talla mínima de la primera madurez de un *E. lineatus* es probablemente algo más pequeña.

#### ***Natación, temperatura del cuerpo y evacuación gástrica***

Se ha terminado el análisis de los datos de las observaciones y experimentos realizados en dos grupos de *E. lineatus* vivos, mantenidos intermitentemente (algo más de cuatro días) en un tanque de carnada durante un crucero de marcado de la Comisión en 1981 y se ha preparado un manuscrito en 1982 en el que se describe este trabajo. A continuación se presentan los resultados principales de la investigación.

Los *E. lineatus* adultos mantenidos en un gran tanque de carnada algo más de 4 días, demostraron lo resistente que es este pez, permitiendo que se realizara la investigación fisiológica y de su comportamiento. Dos grupos de peces con una talla de 46 a 55 cm, nadaron normalmente a velocidades constantes de 69 y 78 centímetros por segundo después de estar 24 horas en cautividad. La frecuencia del movimiento de la cola de los peces de 46 cm, que nadan a un promedio de velocidad sostenido de 1.4 la longitud del cuerpo por segundo, fue de 2.1 por segundo con un avance de la longitud del cuerpo de 0.66 por movimiento de la cola. El promedio del exceso de la temperatura en el centro del músculo rojo de tres peces experimentales fue 3.1 °C, en el músculo blanco 1.7 °C y el exceso de temperatura en el cerebro fue 1.3 °C. Se estudió la evacuación gástrica de seis *E. lineatus* a los que se forzó que se alimentaran de calamares *Loligo opalescens* y de dos especies de peces voladores (*Exocoetus monocirrhus* y *Oxyporhamphus micropterus*). El tiempo total de la evacuación gástrica de *L. opalescens* fue de unas 5 horas y unas 6 horas para *O. micropterus*.

## INVESTIGACION ATUN-DELFIN

La investigación atún-delfín fue establecida a causa de una acción propuesta en la XXXIII reunión de la Comisión, convocada en Managua (Nicaragua) en 1976. Los trabajos del programa fueron bosquejados en la XXXIV reunión de la Comisión, celebrada en San Diego en 1977. Los fondos de este programa se recibieron a fines de 1978 y el trabajo se hizo vigente a principios de 1979. Los objetivos de investigación son el mantenimiento de la producción atunera a niveles elevados, tratando al mismo tiempo de reducir la mortalidad de los delfines y proteger la sobrevivencia de todas las poblaciones de delfines implicadas en la pesca. La captura de atunes en asociación con delfines forma una parte importante de la pesca, habiéndose obtenido en los últimos años, aproximadamente la mitad de la captura total anual del atún aleta amarilla por este método (Tabla 16).

### *Recolección de datos*

En 1982, se llevaron a cabo sesiones de entrenamiento en Panamá y los EEUU, para instruir a los técnicos científicos sobre la forma en que deben identificar las especies principales de mamíferos marinos que se encuentran en la pesca atunera del Pacífico oriental, la manera en que deben estimar la magnitud de un cardumen, cómo deben identificar el comportamiento de los delfines, cómo se realizan las maniobras de la pesca con cerco, cuáles son los métodos empleados para la recolección de los datos y cuál es la etiqueta a bordo.

Como en los años anteriores los métodos empleados para muestrear los viajes cerqueros de la flota internacional en 1982, incluyó dividir arbitrariamente el año civil en tres intervalos. Se asignó a estos intervalos el número de viajes que

debían realizar los barcos abanderados de los países participantes, con un esquema ideado para suministrar una muestra representativa y para minimizar la varianza en la estimación de la mortalidad total de los delfines de las flotas participantes. Los países cuyas flotas fueron incluidas en el muestreo fueron los países miembros de Panamá y los Estados Unidos (Canadá, Francia, Nicaragua y el Japón, no se incluyeron, ya que estos países no tenían barcos cerqueros maniobrando en la pesca epipelágica del Pacífico oriental, capaces de pescar atún asociado con delfines en 1982) y los países no miembros de las Islas Caimán, Costa Rica, El Salvador y Venezuela. En las Islas Caimán y El Salvador, se indicó el deseo de apoyar y participar en el programa de 1982. Se programó posteriormente un viaje en 1982, para las Islas Caimán y se adjudicó tentativamente uno para El Salvador, ambos en el Intervalo III.

A continuación presentamos el número de viajes programado para cada país y el número de viajes actualmente muestreado en 1982, por país; se incluye además, la asignación arbitraria de los viajes a México, con la esperanza de que se lograra un acuerdo entre la Comisión y México para poder muestrear viajes mexicanos.

Viajes programados en 1982				
	Intervalo I	Intervalo II	Intervalo III	Total
Islas Caimán	0	0	1	1
Costa Rica	0	1	1	2
El Salvador	0	0	1	1
México	3	3	4	10
Panamá	2	3	2	7
EEUU	20	16	20	56
Venezuela	1	1	1	3
Total	26	24	30	80

Viajes muestreados en 1982				
	Intervalo I	Intervalo II	Intervalo III	total
Islas Caimán	0	0	1	1
Costa Rica	0	0	0	0
El Salvador	0	0	0	0
México	0	0	0	0
Panamá	2	1	2	5
EEUU	21	12	7	40
Venezuela	1	0	1	2
Total	24	13	11	48



Varios factores han contribuido a la diferencia entre el número de los viajes planeados y el número muestreado. Estos incluyen demoras en la finalización del acuerdo con México, problemas internos que se les ha presentado a las naciones participantes, los barcos que han sido seleccionados para el muestreo salen a pescar a otras zonas fuera del Pacífico oriental o no salen a pescar y tardanza en la salida de los barcos seleccionados debido a la demora en los descargues.

### ***Mortalidad observada de delfines en 1982***

En 1982, se muestrearon en total 48 viajes de pesca de la flota internacional. Se han editado los datos de estos viajes de 1982, incluyendo 6 viajes iniciados en 1981 y terminados en 1982. Los barcos muestreados realizaron en total 1,197 lances sobre atunes asociados con delfines, capturando 12,547 toneladas de atún. A continuación se enumera la mortalidad observada de delfines por especie, correspondiente a los 54 viajes muestreados. Se perdieron los datos preliminares de un crucero en 1982, pero uno de los técnicos suministró verbalmente las estadísticas de la mortalidad total de este crucero.

Delfín manchado de altura <i>Stenella attenuata</i>	2,996
Delfín manchado sin identificar	63
Delfín tornillo oriental <i>Stenella longirostris</i>	283
Delfín tornillo panza blanca	981
Delfín tornillo sin identificar	16
Delfín común <i>Delphinus delphis</i>	115
Delfín listado <i>Stenella coeruleoalba</i>	22
Otros delfines identificados	43
Delfines sin identificar	81
Total	4,600

### ***Mortalidad total estimada de delfines***

#### ***1979-1981***

Cada año, los investigadores de la Comisión calculan las estimaciones de la mortalidad anual de los delfines incidental a las maniobras cerqueras. En 1982, se realizó un análisis más completo de los datos recolectados desde 1979 a 1981.

Los datos fueron recolectados a bordo de barcos cerqueros por los técnicos científicos de la Comisión del atún y por los técnicos del National Marine Fisheries Service (NMFS) de los EEUU. Los datos incluyen, para cada lance sobre atunes asociados con delfines (lances con delfines), el tonelaje de atún cargado a bordo y la cantidad observada de delfines (por especie) que se conoce han muerto. No se incluyeron los animales lesionados que pudieron haber muerto más tarde, ni tampoco un pequeño número de animales muertos en lances realizados sobre atunes no asociados con delfines.

Se procesaron todos los lances sobre delfines en cada viaje como una muestra por conglomerado, suponiendo que la variación en los índices de la mortalidad en los viajes es inferior a la variación entre los viajes. La mortalidad total se calculó usando un estimador de la razón para los viajes muestreados, multiplicado por los datos independientes de toda la flota. En este análisis, se calculó la mortalidad usando estimadores de la mortalidad por lance y de la mortalidad por tonelada, como se describió en el Informe Anual de la Comisión de 1981 (p. 159).

En la Tabla 17 se presentan aquellos países cuyos barcos abanderados pescaron atún asociado con delfines, de acuerdo a los datos de la Comisión y al número de viajes muestreados por el NMFS y por la Comisión en 1979-1981. La Tabla 18 presenta el número total de lances sobre delfines, el tonelaje total de atún capturado en lances sobre delfines, y el número total de viajes de la flota estadounidense y de otros países en los que se hicieron lances sobre delfines. Estos datos fueron calculados según los archivos de la Comisión, que abarcan una gran proporción (conocida) de la flota internacional. La Tabla 19 presenta un sumario de los datos recolectados en el mar, incluso el número de viajes, número de lances, toneladas capturadas de atún y la mortalidad de delfines observada por especies, de la flota de los EEUU y de otros países.

En estos análisis, se estratificaron los datos de la mortalidad en dos grupos: aquellos obtenidos a bordo de barcos estadounidenses y los obtenidos a bordo de barcos de otros países. Esto se hizo a causa de las diferencias en la intensidad del muestreo (Tabla 18) y debido a la posibilidad de que los índices de la mortalidad sean diferentes. Para hacer una comparación, se hicieron también estimaciones usando los datos sin estratificar. Los datos fueron también estratificados por poblaciones y especies de delfines, a causa de las diferencias que existen en los índices de mortalidad entre aquellas especies y las poblaciones incluídas en las maniobras atuneras de la pesca con cerco (Tabla 19).

Los datos de la mortalidad son asimétricos, así que es posible que los intervalos de confianza basados en las distribuciones normales no sean precisos. Se realizó un estudio de simulación Monte Carlo para obtener una estimación de la distribución verdadera del muestreo de las estimaciones de la mortalidad usando ambos estimadores, la mortalidad por lance y la mortalidad por tonelada. Se escogió el número de viajes en la población y en la muestra para simular las pro-

porciones de viajes muestreados de la flota de los EEUU y de otros países. Las muestras se seleccionaron aleatoriamente 10,000 veces con el fin de obtener la distribución del muestreo para obtener estimaciones del sesgo esperado. Según la distribución del muestreo se crearon también intervalos empíricos de confianza del 95%.

En la Tabla 20 se presentan las estimaciones de la mortalidad con los errores normales entre paréntesis para 1979, 1980, 1981 y de los tres años combinados, calculados usando el estimador de la mortalidad por lance. Se dan las estimaciones de la flota de los EEUU, de las flotas de otros países, de los estratos combinados de los EEUU y de otros países y los datos sin estratificar de cada grupo de delfines por existencia o especie. En la Tabla 21 se presentan estas estimaciones, calculadas usando el estimador de la mortalidad por tonelada.

Los estimadores de la mortalidad por lance y de la mortalidad por tonelada, presentan resultados que no difieren al nivel de significancia del 95%, suponiendo que las estimaciones están normalmente distribuidas. Las estimaciones de la mortalidad de la flota de los EEUU, son muy similares cada año. El estimador de la mortalidad por tonelada, produce, en la mayoría de los casos, estimaciones con un coeficiente de variación un poco más pequeño. En las flotas de otros países, la diferencia entre los resultados de los dos estimadores es más evidente, pero no es significativa a causa de los grandes errores normales. El estimador que produce el coeficiente más pequeño de variación, fluctúa con el año y el agrupamiento de las especies.

La mortalidad causada por la flota de los EEUU entre 1979 y 1981, parece que ha permanecido relativamente constante al nivel de unos 16,000-19,000 delfines al año. Más de la mitad de estos animales eran delfines manchados de altura. No existe una diferencia significativa entre los años de todos los delfines combinados, pero hay diferencia entre el agrupamiento de las especies, especialmente en lo que se refiere al delfín común, ya que cada año fue diferente. Es muy difícil determinar los cambios en la mortalidad causados por la flota de otros países, entre los años, ya que las estimaciones son imprecisas. Sin embargo, los resultados indican que la mortalidad total fue por lo general, significativamente más elevada en 1980 que en 1979, para las flotas de otros países. La mortalidad estimada según los datos sin estratificar es similar a las estimaciones estratificadas de 1979, pero muy inferiores a las de 1980 y 1981.

En la Tabla 22 se presentan los resultados de las simulaciones Monte Carlo, usando los estimadores de la mortalidad por lance y de la mortalidad por tonelada. Los resultados son similares para los dos estimadores, con la tendencia de que el sesgo en el promedio estimado del error normal sea un poco superior en cuanto a la mortalidad por tonelada y con la tendencia de que los intervalos empíricos de confianza del 95% sean algo más amplios en la mortalidad por lance. El sesgo de las simulaciones que representan la gran muestra de los EEUU es insignificante y los intervalos de confianza del 95% se aproximan bastante a

+2 errores normales. El sesgo de las simulaciones que imitan la pequeña muestra de otros países, se encuentra en su mayoría al 90% del error normal de la población con relación a la mortalidad por lance y al 80% con relación a la mortalidad por tonelada. Los intervalos de confianza del 95% siguen próximos a 4 errores normales para los delfines manchados de altura, pero son superiores para el delfín común, en los que no existe un límite bajo, debido a que un gran porcentaje de las estimaciones es cero. Sin embargo, son asimétricas, encontrándose el límite superior más alejado de la media que el límite inferior en ambos agrupamientos de las especies.

Los resultados presentados antes, indican evidentemente que aunque las estimaciones de la mortalidad causada por la flota estadounidense son de una precisión apropiada, aquellas de la flota de otros países tienen intervalos de confianza que son en su mayoría demasiado grandes para poderlos usar convenientemente. Conforme está actualmente la intensidad del muestreo, no es posible determinar con certeza si existen o no suficientes diferencias en la mortalidad producida por la flota de otros países y la de los EEUU, para justificar la estratificación de los datos a este respecto.

Si se supone que no hay diferencia entre la mortalidad causada por la flota de los EEUU y la de otros países, de modo que se realizan las estimaciones usando los datos sin estratificar, la precisión general es aceptable. Los coeficientes de variación, calculados según las estimaciones sin estratificar, fluctúan del 10 al 13% referente a la mortalidad total anual, depende del año y del estimador. Estos aumentan del 14 al 17% en los delfines *S. attenuata* de altura, 19 al 30% en los delfines *S. longirostris* oriental, 18 al 39% en los delfines *S. longirostris* panza blanca y 29 al 44% en el delfín común (*Delphinus delphis*).

Si se estratifican los datos, serían considerables las diferencias en la exactitud de los datos de las flotas de otros países y la de los EEUU. Los coeficientes de variación, de toda la mortalidad anual de los delfines de la flota estadounidense, fluctúan del 7 al 10%, depende del año y del estimador. Estos coeficientes ascienden del 9 al 13% para *S. attenuata* de altura, 11-21% para el *S. longirostris* oriental, 13 al 28% para el *S. longirostris* panza blanca y 21 al 25% para *D. delphis*. Los coeficientes de variación de la flota de otros países, se reducen a menos del 50%, sólo en unos pocos casos y los errores normales, en otros casos, son superiores a las mismas estimaciones. Los coeficientes de variación se redujeron hasta un 25% en 1980, sólo en cuanto a los *S. attenuata* de altura y todos los delfines combinados.

Esta situación no ha de cambiar hasta que la Comisión pueda muestrear una proporción más grande de la flota de otros países. Los 8, 8 y 4 viajes muestreados respectivamente en 1979, 1980 y 1981, no son suficientes para proveer estimaciones precisas de la mortalidad. Ni estos viajes fueron tampoco una muestra representativa de las flotas de otros países que maniobraron en la pesca con cerco en el Pacífico oriental. La participación de más países en el programa interna-

cional de la CIAT es necesaria, si se desea mejorar substancialmente la exactitud de las estimaciones de la mortalidad de las embarcaciones de otros países.

### **1982**

Se hicieron las estimaciones de la mortalidad total de los delfines en 1982, usando los mismos métodos empleados en los datos de 1979-1981, descritos anteriormente. En la Tabla 23 se presentan las estimaciones de la mortalidad calculada por especie, usando los estimativos tanto de la mortalidad por lance como de la mortalidad por tonelada. Se presentan las estimaciones de la flota de los EEUU, de la flota de otros países, de los datos sin estratificar y de los estratos combinados de los EEUU y de otros países.

Los resultados de 1982, indican que no hay diferencias significativas en los estimados de la mortalidad de cualquier grupo de especies, entre los estimados de la mortalidad por lance y de la mortalidad por tonelada. El estimado de la mortalidad por tonelada provee un coeficiente más pequeño de variación en la flota de los EEUU y en las estimaciones sin estratificar. Los coeficientes de variación en las estimaciones de los EEUU son 11% para *Stenella attenuata* de altura, 32% para *Stenella longirostris* oriental, 18% para *Stenella longirostris* panza blanca, 38% para *Delphinus delphis* y 8% correspondiente a la mortalidad total. Los coeficientes de variación en las estimaciones sin estratificar son respectivamente 12%, 36%, 21%, 42% y 10%. El estimado de la mortalidad por lance provee un coeficiente menor de variación para las estimaciones de otros países, pero es menor del 50% sólo para la mortalidad total.

El estimado de la mortalidad total anual de la flota de los EEUU en 1979-1981, ha sido regularmente constante entre 16,000 y 19,000, sin considerar el estimador empleado. En 1982, si se emplea la mortalidad por tonelada, la estimación es aproximadamente 28 mil y si se usa la mortalidad por lance es 23 mil. El estimado de la mortalidad total anual de las flotas de otros países en 1982, se ha reducido aproximadamente a 5 mil, el mismo nivel bajo que en 1979, siendo las estimaciones de los dos años siguientes mucho más elevadas. Esta fluctuación en las estimaciones de la mortalidad de las flotas de otros países, se debe probablemente a la pequeña muestra de la cual se puede disponer para el análisis y no refleja, por consiguiente, los cambios actuales de la mortalidad anual. El personal de la Comisión está estudiando un modelo multivariado en el que se tratará de considerar tanta variación de los datos como sea posible al hacer las estimaciones de la mortalidad.

### ***Estimaciones de la abundancia de los delfines***

Uno de los elementos para determinar la condición de una población de delfines es buscar durante un período la evidencia de las tendencias en las estimaciones de la abundancia de la población. Los técnicos científicos que se encuentran a bordo de las embarcaciones cerqueras, obtienen datos que pueden emplearse para calcular dichas estimaciones de la abundancia, usando la técnica

del muestreo de la derrota. Los detalles de este método y los sesgos incurridos al violar las suposiciones del método, se han descrito en los Informes Anuales de la Comisión de 1979 (pp. 139-143) y 1980 (pp. 124-128). En el Informe Anual de 1981, se describe un análisis sobre el delfín tornillo oriental (*Stenella longirostris*) basado en los límites geográficos de la población. El año pasado se continuó este trabajo y se amplió para incluir el delfín manchado (*Stenella attenuata*). Estos análisis incluyen un ensayo para minimizar el error por conglomerado de los cálculos de los ángulos y las distancias de visualización y otro análisis de la estratificación de las pautas no aleatorias de búsqueda. Se describen detalladamente en un estudio del XXXIII Informe de la International Whaling Commission que se ha de publicar en 1983.

Los análisis se basan en los datos obtenidos por técnicos de la Comisión durante 1980-1981, de la flota internacional y en los datos recolectados por los técnicos del NMFS que se encontraban a bordo de cerqueros estadounidenses en 1977-1981 y que esa organización gentilmente le concedió permiso a la Comisión de usarlos. Los datos son bastante extensos (Tabla 24) y fue relativamente barato obtenerlos si se comparan con los reconocimientos realizados en los barcos de investigación o en aviones. Sin embargo, como estos análisis lo han de demostrar, los problemas que aún se tienen, hacen que sea difícil obtener conclusiones acerca de la orientación en la abundancia. Se necesitará una serie de estimaciones a largo plazo antes de poder hacer una determinación conclusiva.

Los datos básicos en los análisis son (1) la distancia recorrida mientras se buscan los cardúmenes, (2) la distancia a la que se vió cada cardumen (distancia de visualización) y la orientación del cardumen con relación al rumbo del barco y (3) la magnitud del cardumen y la composición de especies en el mismo. Con excepción de la distancia explorada (extensión de la derrota), estos datos están incompletos o varían demasiado. Las distancias y los ángulos de visualización se calculan respectivamente a intervalos aproximados de  $\frac{1}{2}$  a 1 mn y a intervalos de  $5^{\circ}$ - $10^{\circ}$ . Las estimaciones de la magnitud del cardumen son dudosas, ya que es un trabajo difícil. Se ha establecido un curso de entrenamiento para los observadores con el fin de tratar de mejorar las estimaciones de la magnitud de los cardúmenes, pero esto probablemente ha causado un sesgo en las estimaciones de la magnitud del cardumen que entorpece cualquier cambio evidente. No se determina comúnmente la composición de las especies en el cardumen y muchos cardúmenes se clasifican como delfines sin identificar (Tabla 25). Además, se puede identificar el cardumen en cuanto a la especie particular pero no la raza (ej. dado, *S. longirostris* oriental versus panza blanca).

Se ha concebido una técnica a la que se ha de referir como "suavización" para reducir el error asociado al redondear las distancias y los ángulos de visualización. Se ha empleado una técnica similar en los datos de las observaciones de la ballena enana o rorcual pequeño en el hemisferio austral. Los ángulos y las distancias se han considerado como medidas exactas y se han empleado para calcular las distancias perpendiculares en los análisis originales.

Sin embargo, ésto ha demostrado ser erróneo y muy variable, ya que un ángulo anotado como  $0^\circ$  puede ser tan grande como  $5^\circ$  ó  $10^\circ$ , que para una distancia de visualización de 6 mn corresponde a una distancia perpendicular de  $0 - \frac{1}{2}$  ó 1 mn. La técnica de suavización asigna las observaciones a un intervalo de distancia perpendicular basada en el intervalo del ángulo y la distancia de visualización. Esto sería una tarea fácil si cada intervalo del ángulo y la distancia se ubica en un intervalo de la distancia perpendicular. Sin embargo, varios intervalos del ángulo y la distancia de visualización se traslapan en dos o más intervalos en la distancia perpendicular y aquí es cuando se introduce el concepto de la suavización. Se asignan las observaciones a los distintos intervalos de la distancia perpendicular, basados en la proporción del intervalo ángulo-distancia de visualización que traslapa cada intervalo de la distancia perpendicular. Evidentemente, la cantidad de suavización depende de la magnitud de los intervalos de la distancia perpendicular y la selección de los intervalos ángulo-distancia de visualización. Se ha progresado en la investigación en este estudio para tratar de determinar una forma objetiva con el fin de seleccionar los "mejores" intervalos. Con referencia a estos análisis, se agruparon las distancias perpendiculares a intervalos de 0.5 mn y el ángulo de visualización en los siguientes intervalos:  $0-7.5^\circ$ ,  $7.5-17.5^\circ$ ,  $17.5-27.5^\circ$ ,  $27.5-37.5^\circ$ ,  $37.5-52.5^\circ$ ,  $52.5-65^\circ$ ,  $65-77.5^\circ$  y  $77.5-90^\circ$ . Se presentan los intervalos de la distancia de visualización en la Tabla 26, con las proporciones de las observaciones ubicadas en cada distancia perpendicular de los ángulos anotados en el intervalo  $0-7.5^\circ$  y el número de las observaciones de *S. attenuata* en los intervalos ángulo-distancia correspondientes a 1977-1981. La mayoría de los ángulos en el intervalo  $0-7.5^\circ$  se anotan como  $0^\circ$ , lo que significa que la distancia perpendicular se habría de calcular como cero si no se suavizaron los datos. Como ejemplo, se ilustran en la Figura 25 los histogramas de las distancias perpendiculares antes y después de la suavización de las observaciones de *S. attenuata* en 1977. Se considera que la distribución suavizada es más realística que la no suavizada.

Además, para tratar de reducir el sesgo, cada vez que los técnicos clasificaron una observación como sin identificar, se empleó la composición de las especies estimadas por la tripulación. Aún empleando esta información, el porcentaje de las observaciones sin identificar fluctúa 23-32% en  $\frac{1}{2}$  mn de la distancia perpendicular. Sin la información de la tripulación la fluctuación sería 33-39% (Tabla 25). Al hacer las estimaciones de la abundancia absoluta, habría que corregir este sesgo mediante el escalamiento de las estimaciones. Esto se podría hacer solamente al asignar valores supuestos a los porcentajes de cada especie de la categoría sin identificar, lo que sería difícil ya que los pescadores probablemente han de identificar más frecuentemente los delfines *S. attenuata* y *S. longirostris* por su asociación con los atunes. Para examinar las estimaciones de la tendencia de la abundancia, se necesita considerar solamente el alcance del porcentaje sin identificar, que corresponde al 9% en los años analizados.

Se presentan aquí dos de los análisis elaborados. Se empleó en ambos una serie de Fourier para estimar  $f(0)$  (definido en la pág. 140 del Informe Anual de la

Comisión de 1979) y se suprimieron los datos de la distancia perpendicular a las 7.0 millas náuticas. Se calcularon las estimaciones de la densidad de los cardúmenes y la media de la magnitud del cardumen según las estimaciones hechas por los técnicos en cada zona de cada población. La estimación de una población en todas las zonas combinadas fue calculada al ponderar cada estimación por la extensión de la zona, así que

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n A_i D_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

en la que  $A_i$  es la magnitud de cada zona,  $D_i$  es la densidad en la zona y  $n$  es el número de zonas.

El primer análisis fue una estratificación burda, basada en los límites de la población. Se hicieron las estimaciones de *S. attenuata* de las observaciones (1) identificadas de la población de altura o (2) las observaciones en que la población fue desconocida y éstas se dividieron en dos zonas, norte y sur (Figura 26). Se hicieron las estimaciones de *S. longirostris* correspondientes a las zonas presentadas en la Figura 26. En cada zona, se hicieron las estimaciones para (i) todos los *S. longirostris* de esa zona y (ii) sólo aquellos *S. longirostris* identificados por raza (oriental o panza blanca) en esa zona. Se tiene muy poca información sobre cuál basar un prorrateo de *S. longirostris* sin identificar de una población y el problema se evita aquí al presentar dos estimaciones para cada población en cada zona referida. Se puede esperar entonces, que las estimaciones de cada población se encuentren entre las dos estimaciones extremas. Las estimaciones de *S. longirostris* se calcularon al combinar los resultados de las zonas 1 y 2, del *S. longirostris* norteño panza blanca, al combinar los resultados de las zonas 2 y 3 y para todos los *S. longirostris* panza blanca al combinar los resultados de las zonas 2, 3 y 4.

En el segundo análisis se empleó un método de estratificación basado en la moda predominante de pesca y en la intensidad del esfuerzo de búsqueda. Esto se hizo porque existía una diferencia notable en la distribución de las distancias perpendiculares, entre los datos obtenidos en las zonas donde la pesca fue predominantemente de atunes asociados con delfines y de atunes no asociados con delfines y porque el esfuerzo de búsqueda no se distribuyó uniformemente en la zona estudiada. Al realizar la estratificación en esta forma, se reduce el sesgo en las estimaciones generales de la densidad de los cardúmenes, causado por cualquier búsqueda no aleatoria de la flota. Se estructuraron los estratos en la siguiente forma. Se dividió la zona de estudio en zonas de  $5^\circ \times 5^\circ$  por estratos, indicando las regiones en donde la pesca era predominantemente de atunes asociados con delfines o de atunes no asociados con delfines o en la que ninguna de estas modas predominaba. Se subdividieron luego estos estratos en zonas con



diferentes intensidades de búsqueda, basados en los datos indicados en la Figura 27. En la Figura 28 se presentan los estratos empleados cada año. Se hicieron las estimaciones de la densidad de los cardúmenes y de la media de la magnitud de los cardúmenes en cada estrato de los delfines *S. attenuata* de altura, *S. longirostris* oriental y *S. longirostris* panza blanca. Los delfines manchados sin identificar se consideraron como *S. attenuata* de altura y se ignoraron los delfines *S. longirostris* sin identificar debido a los problemas del prorratio entre las razas oriental y panza blanca. Se combinaron las estimaciones de cada estrato en la forma anteriormente descrita. Se hicieron las estimaciones de  $f(o)$  sólo en aquellas zonas en las que se tenía una muestra por lo menos de 30 observaciones. Se calculó la densidad de las zonas con menos de 30 observaciones, usando el valor estimado de  $f(o)$  en toda la zona de estudio de las especies apropiadas y del año. Se calcularon las varianzas de  $f(o)$  de esas zonas mediante el escalamiento de la varianza de  $f(o)$  con la magnitud de la muestra porque es mucho más pequeña a la empleada para hacer la estimación.

En la Tabla 27 y la Figura 29 se presentan los resultados del análisis de los datos estratificados de los delfines *S. attenuata* en poblaciones propuestas. Las estimaciones de la densidad de los cardúmenes son de dos a cinco veces superiores en la zona norte que en la sur. Sin embargo, las estimaciones de la media de la magnitud del cardumen, son consistentemente superiores en la zona del sur, aunque no significativamente, exceptuando 1979. Las estimaciones de las cantidades de delfines son de dos a nueve veces superiores en la zona del norte. Las estimaciones combinadas de la densidad de los cardúmenes son muy similares en todos los años, siendo la estimación de 1977, más paralela con los otros años que en el análisis sin estratificar. Las estimaciones de las cantidades de delfines son de nuevo similares en 1978-1981, pero superiores en 1977.

En la Tabla 28 y en la Figura 30 se presentan los resultados de la estratificación de los datos de la población de los delfines *S. longirostris* oriental, panza blanca del norte, panza blanca del sur y todos los *S. longirostris* panza blanca. Existen dos estimaciones para cada población en cada año; una incluye las observaciones que identifican sólo la población y la otra incluye también todas las observaciones de *S. longirostris* sin identificar. Las estimaciones de cada población deben ubicarse entre estos dos extremos. Las estimaciones de la densidad de los cardúmenes de *S. longirostris* oriental son muy similares en 1977-1981. Las estimaciones de las cantidades de delfines son más variables entre los años pero no presentan una orientación constante. Las estimaciones de la densidad de los cardúmenes de *S. longirostris* panza blanca son más variables que las de *S. longirostris* oriental, pero nuevamente no presentan una orientación consistente. Sin embargo, las estimaciones de las cantidades de delfines, indican una tendencia de valores elevados en 1977-1978 y valores bajos en 1979-1981, para el *S. longirostris* panza blanca del norte, reflejándose la tendencia en la media de la magnitud del cardumen. No existe una tendencia consistente del *S. longirostris* panza blanca del sur. Las estimaciones generales de la cantidad de

delfines *S. longirostris* panza blanca refleja la tendencia de la raza norteña más grande.

En la Tablas 29, 30 y 31 se presentan respectivamente los resultados del análisis basado en la estratificación por tipo de pesca e intensidad de búsqueda de los delfines manchado de altura, tornillo oriental (identificado sólo como raza) y tornillo panza blanca (identificado sólo como raza). Se presentan las estimaciones de la densidad de los cardúmenes y las cantidades de delfines en cada estrato y en todos los estratos combinados. Se ilustran las estimaciones combinadas de estas tres razas en las Figuras 31, 32 y 33. No existe una tendencia consistente en las estimaciones de la densidad de los cardúmenes o en la cantidad del delfines *S. attenuata* de altura. Las estimaciones de la densidad de los cardúmenes de *S. longirostris* oriental han sido bastante consistentes durante el período de cinco años, pero puede evidenciarse una tendencia descendente en la cantidad de delfines, reflejándose la misma tendencia en la media de la magnitud de los cardúmenes. En lo que se refiere al *S. longirostris* panza blanca, parece existir una tendencia descendente en las estimaciones de la densidad de los cardúmenes, pero sólo en la estimación de 1980, sucede que los intervalos de confianza del 95% no se traslapan con los de otros años. Las estimaciones de la cantidad de delfines presentan también una tendencia descendente, reflejándose nuevamente una orientación similar en la media de la magnitud de los cardúmenes.

El porcentaje en la longitud de la línea de la derrota y el porcentaje en cada estrato de la zona (Tablas 29–31) indica que los pescadores han concentrado el esfuerzo en ciertas zonas. Si el porcentaje de la línea de la derrota es superior al porcentaje de la zona, el esfuerzo se concentra en ese estrato. Lo contrario es verdad si el porcentaje de la zona es superior al porcentaje de la línea de la derrota. Esto no importaría si la densidad fuera uniforme o independiente de la búsqueda concentrada. Sin embargo, los análisis basados en la estratificación por moda de pesca e intensidad de búsqueda, parece indicar que se está concentrando el esfuerzo en zonas de densidad más elevada (Figura 34) ya que estas estimaciones son consistentemente inferiores a las de la estratificación burda de los límites de la población. Estos resultados son contrarios a los presentados en el Informe Anual de la Comisión 1980, para los delfines *S. longirostris* oriental, que no indicaban que la búsqueda no era aleatoria. Esto se debió probablemente al esquema de la estratificación que no estableció una representación suficientemente precisa de la distribución del esfuerzo y de la densidad, en comparación a los estratos de forma irregular que fueron seleccionados en este análisis.

Cuando se comparan los resultados entre los años para ver la tendencia en la magnitud o densidad de la población, debe suponerse que cualquiera que sea el sesgo no ha cambiado en magnitud de un año a otro. Un factor que se supone permanece constante pero que puede variar de un año a otro es la probabilidad normal de observar un cardumen en la línea de búsqueda. Los efectos de las condiciones meteorológicas sobre la probabilidad de visualización pueden cuan-

tificarse con los datos que se tienen, recolectados a bordo de embarcaciones cerqueras y se está planeando un trabajo sobre esto. Otro factor importante es si la media estimada de la magnitud del cardumen representa la magnitud normal de los cardúmenes de delfines encontrados por las embarcaciones cerqueras. La reducción evidente de la media en la magnitud de los cardúmenes, puede que sea el resultado de los mejores métodos de entrenamiento de los técnicos a este respecto. Ahora que todos los técnicos reciben el mismo entrenamiento para estimar la magnitud del cardumen, este efecto no debe contribuir a ninguna tendencia en las estimaciones de la media de la magnitud de los cardúmenes.

### ***Estudio fotográfico aéreo***

En noviembre y diciembre de 1980, se llevó a cabo un reconocimiento aéreo frente a la costa del Pacífico de México, con el objetivo básico de determinar que tan útil puede ser la fotografía aérea para obtener información sobre la magnitud de los cardúmenes, la estructura de los mismos y la distribución frecuencia-talla de los delfines en esa zona. Los detalles de los objetivos, los vuelos y las fotografías de este estudio se han descrito en el Informe Anual de la Comisión de 1980 (págs. 131-132).

En los últimos 12 meses, ha continuado el trabajo para determinar y analizar la distribución de la frecuencia de talla de los cardúmenes fotografiados, en dónde ha sido posible determinar la longitud de las imágenes de una proporción significativa de delfines. Estas imágenes se miden en las fotografías con un monocomparador, un aparato óptico extremadamente preciso de medidas. Se han procesado hasta ahora, las fotografías de 18 cardúmenes en esta forma. Once eran de delfines *S. longirostris* costarricenses, dos de *S. longirostris* oriental, cuatro de delfines mixtos *S. attenuata* y *S. longirostris* y uno de *D. delphis*. El número de imágenes medido, hasta ahora, es aproximadamente 14,000 y se están analizando estos datos antes de procesar más fotografías. Para calcular la longitud actual de cada delfín se emplea la ecuación  $L = iH/f$ , en la que  $L$  es la longitud actual,  $i$  es la longitud de la imagen,  $H$  es la altitud del avión y  $f$  es la longitud focal de los lentes de la cámara, así que  $H/f$  es la escala de la fotografía.

Al usar esta ecuación se supone que la fotografía fue tomada con los lentes de la cámara, paralelos a la superficie del océano. En muchos casos, sin embargo, se encontró que el avión se había inclinado algo, de tal manera que la longitud de las imágenes no son representaciones precisas de la longitud actual de los delfines. La mayoría de las fotografías estuvieron sujetas a la inclinación del avión, ya que la nariz del avión se encontraba más alta que la cola cuando se pasó sobre el cardumen. Esto hace que se estime en exceso la longitud de las imágenes en la parte posterior de la fotografía y se subestimen las del frente. Este ángulo de inclinación, llamado "cabeceo," no se anotó, pero puede estimarse al comparar la longitud de las imágenes de una serie de animales identificados individualmente que fueron fotografiados en dos cuadros consecutivos. La diferencia en la longitud de estos animales, causada por su posición en el frente del primer cuadro y en la parte posterior del segundo, permite estimar el "cabeceo." Se han

corregido todas las medidas de los cardúmenes con relación al "cabeceo," que usualmente fue menos de 10° pero que fluctuó tanto como 15°.

Se ha encontrado también que algunas fotografías fueron tomadas cuando un ala del avión estaba más alta que la otra. Esto hace que se estime en exceso la longitud de la imagen a un lado de la fotografía y se subestime en el otro. El ángulo de esta inclinación, denominado "balanceo" no puede estimarse, pero puede ajustarse la longitud de la imagen en tal forma, que no haya correlación entre la posición a través de la fotografía y la longitud de la imagen de todo el cardumen. Se están ajustando en la debida forma los datos de los cardúmenes en donde se encontró que existía "balanceo" y que afectaba la longitud de los animales.

Los problemas referentes a la inclinación del avión en este reconocimiento, deben eliminarse en los próximos. Existen algunas fórmulas sencillas para corregir las tallas en la imagen, depende de la posición en que se encuentran en el marco y si puede calcularse en el aire el ángulo de la inclinación "cabeceo," "balanceo" o la inclinación general en el momento en que se toman las fotografías. Otra forma sería si se puede mantener por lo general la inclinación a menos de unos 3°, el error de las tallas en la imagen podría mantenerse al 1%, lo que podría razonablemente ignorarse.

Las tallas de los delfines medidos según las fotografías aéreas no pueden compararse directamente con las tallas anteriormente publicadas. Las medidas de las fotografías aéreas son desde la punta del hocico hasta el borde posterior de la aleta de la cola, en tanto que los delfines se miden típicamente desde la punta del hocico hasta el corte de la aleta caudal. Además, los animales en las fotografías aéreas están nadando libremente, mientras que los animales que se miden directamente se encuentran tendidos en una superficie y frecuentemente están muertos. Estos dos factores hace que las tallas calculadas según las fotografías aéreas sean más grandes que las medidas directamente. Sin embargo, los animales que nadan libremente pueden estar arqueados al salir o entrar en el agua. Esto haría que algunas de las tallas en las fotografías aéreas se subestimen. En general, puede esperarse más variación en las tallas de fotografías aéreas, siendo más amplios los límites de las tallas que los de aquellas medidas directamente.

Se ha examinado la distribución frecuencia-talla para investigar qué tanta información sobre el crecimiento y la reproducción puede obtenerse de ésta. Las características más importantes de los datos son (i) la presencia de modas de pequeñas tallas que indican pulsaciones en la reproducción o en la sobrevivencia de los pequeños, (ii) qué tan evidentemente indican estas modas cuánta variabilidad existe en cada pulsación, (iii) cuántas modas hay y cuáles son las distancias intermodales que indican los grupos de edad que las modas pueden representar y (iv) cuál es la talla relativa en cada moda que indica la fuerza de cada grupo de edad. En la Figura 35 se presenta la distribución frecuencia-talla de cuatro cardúmenes

de delfines *S. longirostris* costarricenses. La gran moda dominante, a la derecha de cada distribución, representa los animales adultos y las modas más pequeñas a la izquierda, que se distinguen menos, representan los grupos más jóvenes.

Se han destacado estas modas más pequeñas usando un programa computarizado para separar los datos según la probable distribución de los componentes. Los datos de salida del programa incluyen las medias y las desviaciones normales de la distribución normal ajustada y el porcentaje de la muestra atribuible a cada distribución. En la Tabla 32 se indican las medias de cinco distribuciones normales ajustadas y el porcentaje de la muestra atribuible a cada distribución de los datos de cada uno de los cuatro cardúmenes y de los cuatro combinados. En la Figura 36 se presenta la distribución frecuencia-talla de los cuatro cardúmenes combinados y la curva ajustada por el programa.

Los resultados de estos cardúmenes son bastante consistentes en un aspecto y es que las medias de la distribución de los componentes aparecen todas aproximadamente a las mismas tallas, lo que indica que las modas representan actualmente los grupos de edad, por lo menos del extremo más joven del espectro. Se tiene poco conocimiento sobre el delfín *S. longirostris* costarricense, pero al comparar el índice de crecimiento con los de otras razas y especies de delfines, parece que las modas pequeñas a la izquierda de las distribuciones, representan pulsaciones estacionales a intervalos de 6 meses de la reproducción.

Desafortunadamente, el porcentaje de la muestra atribuible a cada una de las distribuciones ajustadas no parece representar bien el número de animales de los grupos más jóvenes. Conforme se indica en la Tabla 32, el porcentaje tiende a incrementarse al aumentar la edad. Esto es aceptable en la cuarta y quinta distribución que representan verdaderamente más de una generación individual, pero no en la primera, segunda y tal vez tercera distribución que deben representar generaciones individuales. La explicación más probable es que las imágenes de los animales pequeños no son probablemente lo suficientemente nítidas para ser calculadas, como son las de los grandes animales. No hay forma de probar esto con los datos que se tienen actualmente, pero el examen visual de las fotografías indica que frecuentemente se encuentran pequeños animales que no pueden medirse. Por esta razón, los resultados de los análisis de estos datos no pueden emplearse para hacer los cálculos de los índices de reproducción, basados en los modelos de la estructura de la edad. Se continúa con el análisis de los cardúmenes del *S. longirostris* oriental y del *S. attenuata*.

### **Programa de las artes**

El personal encargado de las artes sostuvo deliberaciones informales con los capitanes de nueve barcos que habían tenido una mortalidad de delfines más elevada que lo común durante los viajes muestreados por la Comisión el año pasado. Se habló sobre cómo solucionar los problemas referentes a las artes y, en la mayoría de los casos, sólo se necesitaban unos pequeños ajustes para

corregirlos. La mayor causa de la mortalidad se relacionaba al paño de seguridad de los delfines cuando no se encontraba bien acoplado a la red, a los lances crepusculares (lances en los que la maniobra de retroceso se hace al anochecer o en completa oscuridad) y a lances realizados en zonas en las que no se pesca frecuentemente sobre cardúmenes con una gran proporción de delfines *S. longirostris* que exhibieron un comportamiento difícil de predecir.

Como ayuda para los capitanes de barcos no abanderados en los EEUU, que embarcaron técnicos de la Comisión el año pasado, los investigadores les han dado los datos acumulativos de la mortalidad de los delfines de todos los viajes muestreados por la Comisión durante el año, como también los datos referentes a sus viajes individuales. Esto les permite comparar los resultados de sus viajes con los del resto de la flota internacional. A los capitanes de los EEUU, la industria atunera estadounidense y la Porpoise Rescue Foundation, les ha suministrado datos similares.

Unos empleados de la CIAT se embarcaron en tres cerqueros, dos de los EEUU y uno panameño, para realizar recorridos de prueba locales durante el año, con el fin de acoplar los paños de seguridad de los delfines para poder realizar maniobras adecuadas de retroceso. En una de estas pruebas en el mar, el barco estaba usando una red fabricada con un nuevo material "hyperester" que los fabricantes declaran que es más resistente, compacto y que se puede pescar a más profundidad que con la red de nailon. Se estaba también experimentando en este barco un nuevo método para acoplar el paño de seguridad de pequeña malla a las líneas de corchos, que puede resultar en retrocesos más eficaces y sin problemas.

Se visitaron frecuentemente los cerqueros atracados en el puerto de San Diego durante el año y se habló con los capitanes y las tripulaciones sobre las artes y los métodos para liberar delfines, los problemas de las artes, los índices de mortalidad de los delfines y los proyectos de la Comisión. Se distribuyeron folletos sobre la reducción de la mortalidad de los delfines, especialmente a los barcos con tripulaciones de habla hispana. Además, se distribuyeron 21 copias de la película "Métodos para la pesca de atún con redes de cerco y protección de los delfines" narrada en español. El número de barcos que ha recibido esta versión de la película de la Comisión es 44. Tarde en el año la Comisión preparó y repartió un resumen informativo atún-delfín a los barcos de la flota internacional. Este informe se concentró en las tendencias de la mortalidad de los delfines como también en asuntos de interés para los pescadores. El personal tiene la intención de preparar otros informes en el futuro.

A continuación se indica la clasificación de 180 barcos cerqueros de las clases de arqueo 4, 5 y 6 de la flota internacional que están equipados para pescar atunes asociados con delfines y que han pescado en el Océano Pacífico oriental en 1982:

Equipados con paño superprotector y paño de seguridad de malla fina (toda la malla de 1 ¼ de pulgada)	106
Equipados solamente con un paño de seguridad de malla fina 1 ¼ de pulgada	54
Equipados solamente con un paño de seguridad de malla fina 1 ½ de pulgada	1
Equipados con el paño de seguridad de Medina de 2 pulgadas	5
No equipados con ningún paño de seguridad	12
Artes desconocidas	2
Total	180

Algunos de los barcos que no están equipados con paño de seguridad para proteger a los delfines, son barcos que pescan principalmente en el Pacífico occidental, pero que realizaron lances en el Pacífico oriental, aunque no necesariamente sobre cardúmenes de atunes asociados con delfines.

Se realizaron otras pruebas con la "puerta" experimental (véase Informe Anual de 1981), concebida para evitar que el canal formado por el retroceso se desplomara durante la maniobra. Las pruebas indicaron que la puerta era demasiado pequeña para afectar la formación del canal de retroceso. En la Figura 37 se presenta el resultado deseado, al emplear en la red una puerta y el resultado actual en la red durante la prueba. Un dispositivo lo suficientemente grande puede producir los resultados deseados, pero sería demasiado grande y pesado para ser práctico. Aunque la puerta no tuvo ningún efecto en mantener el canal abierto, la línea de arrastre que va desde el barco hasta la puerta y hasta la línea de flotación, evitó que se estrechara el canal.

En varios barcos se iniciaron el año pasado los experimentos de iluminación en las maniobras nocturnas de retroceso y se ha ampliado este año el experimento para permitir que más barcos ensayen las luces. La Comisión ha obtenido seis lámparas comerciales de vapor de sodio de 1000-vatios y se las han prestado a los barcos que llevan técnicos de la Comisión, para usarlas durante los lances crepusculares en las maniobras de retroceso. Los datos de la Comisión de 1981, han indicado que estos lances crepusculares o lances durante los cuales se pone el sol antes de finalizar la maniobra de retroceso, formaron sólo el 11.4% de todos los lances observados de delfines durante el año, pero son responsables por el 33.2% de toda la mortalidad observada de delfines. Además, un promedio de 5.4 animales vivos fueron dejados en la red después de los lances crepusculares, comparado con 2.1 animales vivos dejados en la red en las maniobras diurnas de

retroceso. Puede que ésto se deba a la poca iluminación que tienen los tripulantes y el piloto que rescatan los delfines por la noche.

En 1982, se prestaron reflectores a 15 barcos para usarlos en un viaje. De estos barcos, ocho han tenido la oportunidad de usar la luz durante uno o más lances crepusculares y los capitanes de estos barcos, creen que el aumento en la iluminación provista por el reflector fue beneficiosa. Muchos demostraron interés en obtener un reflector para sus barcos. Se continuará con el experimento en 1983, y cuando se tengan suficientes datos de lances en los que se empleó el reflector se hará un análisis para determinar si el uso de los reflectores durante los lances crepusculares tienen un efecto en la mortalidad de los delfines.

## OCEANOGRAFIA Y ECOLOGIA DE LOS ATUNES

### *Las larvas de barrilete y la temperatura*

Se han vuelto a examinar y analizar los datos de las larvas de barrilete y de la temperatura superficial del mar, estudiados por primera vez en 1970 y 1971. Debido a la distribución extremadamente asimétrica de la cantidad de larvas de barrilete obtenidas por arrastre, teniendo la mayoría de los arrastres cero larvas o una o dos y unos pocos grandes cantidades de larvas, se creyó que la media aritmética no era una buena medida de la tendencia básica. En cambio se calculó el porcentaje de los arrastres que tenían una o más larvas (porcentaje de lances positivos) en cada intervalo de 1°C con el fin de minimizar el efecto de las grandes cantidades de larvas obtenidas ocasionalmente. Las investigaciones recientes del NMFS, Southwest Fisheries Center, La Jolla, indicaron que la media aritmética es, sin embargo, la mejor estimación de la abundancia de la población, si la magnitud de la muestra es lo suficientemente grande con relación a la varianza. En los cálculos originales no se calculó la varianza, así que no se ha estimado aún la magnitud mínima de la muestra.

Como el índice metabólico de la mayoría de las larvas de peces se duplica aproximadamente a estas temperaturas ( $Q_{10} = 2.2$ ), cada vez que hay un aumento de 10°C las larvas crecen más rápidamente a temperaturas elevadas a través de las etapas larvales y más lentamente a temperaturas bajas, así que se capturan menos a temperaturas elevadas y más a temperaturas bajas de lo que se capturarían a temperaturas normales. Se hizo un ajuste a este respecto, pero los resultados fueron insignificantes comparados con la magnitud de los cambios observados en la concentración de las larvas con relación a la temperatura superficial del mar (TSM). En cuanto a las concentraciones a los 27°C, los valores ajustados se redujeron en un 15% a los 25°C y aumentaron en un 18% a los 29°C. Antes de hacer los gráficos y los cálculos se ajustaron todos los valores medios de la concentración de las larvas de barrilete por el efecto metabólico. Los gráficos del logaritmo ( $\log_{10}$ ) de la media de la cantidad ajustada de larvas ( $\bar{x}$  por arrastre,  $\bar{x}$  por 10 m<sup>2</sup> de la superficie del mar o  $\bar{x}$  por 1000 m<sup>3</sup> de agua filtrada) del conjunto de cruceros con cantidades relativamente grandes de arrastres, parecen indicar un aumento lineal (equivalente a un aumento exponencial de la cantidad media)



con una TSM hasta de 28 ó 29 °C y luego se reduce. En cada grupo de cruceros se calcularon en las porciones ascendentes de la curva las regresiones ponderadas lineales del  $\log_{10} \bar{x}$  y de las TSM. El intervalo más bajo de la TSM empleado en cada regresión fue el que tenía un mínimo de 15 arrastres de la red con  $\bar{x} > 0$ ; el más alto fue aquel que tuvo el máximo de  $\bar{x}$ . Los resultados se presentan en la Tabla 33. En el Pacífico las  $\bar{x}$  parecen llegar al máximo a los 29 °C, mientras que en el Atlántico las  $\bar{x}$  parecen llegar al máximo a los 28 °C pero probablemente las diferencias no son significativas. Los coeficientes de correlación son elevados (0.923 a 0.992). Los datos de un crucero del *Spencer F. Baird* en las Filipinas indicaron que las  $\bar{x}$  llegaban al máximo a los 29 °C, pero el coeficiente de correlación no fue significativo, así que no se calculó la pendiente. La mejor serie de datos es la del *Shunyo Maru* en el Pacífico occidental debido al gran número de arrastres del mismo tipo. En los arrastres horizontales subsuperficiales a 20–30 m la pendiente de  $\log_{10} \bar{x}$  es 0.347 equivalente a un aumento correspondiente a un factor de 2.22 ( $10^{0.347}$ ) por cada 1 °C de aumento registrado en la TSM; los valores de los arrastres superficiales son similares. Los valores de otros grupos de cruceros con menos datos no se diferencian mayormente. El promedio ponderado de todos los grupos combinados con 3,101 arrastres (excluyendo los datos de las Filipinas) resulta en una pendiente de 0.312 y un factor de 2.05 ( $10^{0.312}$ ). Por consiguiente, parece según estos datos que la media de la concentración de las larvas de barrilete aproximadamente se duplica con cada aumento de 1 °C de la TSM, desde los 24 hasta los 28 ó 29 °C, luego se reduce. No se conoce si ésto es causado por los cambios en la cantidad de desove o por los cambios en la mortalidad o una combinación de ambos, pero se cree que probablemente se deba más al desove que a la mortalidad.

En el Pacífico central tropical, en donde se cree que desova(n) la(s) población(es) del barrilete capturado en el Pacífico oriental, la fluctuación de la media anual de la TSM ha sido de unos 2 °C, lo que significa que en un año muy caluroso (unos 28.4 °C) se puede esperar que se cuadruplique aproximadamente el número de larvas con relación a un año muy frío (unos 26.4 °C). No existe, sin embargo, una correlación significativa entre el índice de captura del barrilete de 1+ años en el Pacífico oriental y la TSM en el Pacífico central año y medio antes en la época supuesta de desove (coeficiente de correlación de la categoría de Spearman,  $r_s = 0.40$ ), pero hay una alta correlación ( $r_s = -0.85$ ,  $P < 0.001$ ) con el índice de la mezcla del viento ( $V^3 = \text{nudos}^3$ ) en la misma zona. Parece que el efecto del viento al estratificar o dispersar los organismos disponibles a las larvas de barrilete, afecta también, por consiguiente, su sobrevivencia y puede sobrepasar el efecto de la temperatura en el desove o la sobrevivencia. Esto, sin embargo, sigue siendo materia especulativa, ya que no se ha investigado mediante cálculos actuales la formación de los estratos y la dispersión de los organismos en el Pacífico central tropical con relación a la mortalidad de las larvas de barrilete.

#### ***La temperatura superficial del mar en zonas de pesca del barrilete***

Se han recolectado las temperaturas superficiales del mar (TSM) en las 22 zonas de 5 grados seleccionadas en el Pacífico oriental, en las que tradi-

cionalmente se ha pescado barrilete y se han calculado los valores de la media mensual de cada zona en 1961-1981.

Las categorías de los índices anuales de captura en cantidades de barrilete de 1+ años (12-24 meses) fueron examinadas para ver si se correlacionaban con las categorías de la media anual de las TSM de las 22 zonas combinadas, pero el coeficiente de correlación de las categorías  $r_s$ , no fue significativo al nivel del 5%. Se cree que los barriletes más grandes se encuentran influenciados por las temperaturas más elevadas, pero el  $r_s$  no fue significativo para el barrilete de 2+ años (>24 meses) y la TSM.

Se ha empleado el índice de captura del barrilete de 1+ años en los tres primeros trimestres de cada año como un estimativo de la abundancia relativa de la generación entrante reclutada por la pesca. Este índice de captura se correlacionó fuertemente con el índice de la mezcla del viento ( $V^3$ ) en las zonas de desove del Pacífico central tropical cerca de año y medio antes, durante un período de 12 meses en el que se supone que la generación ha sido desovada. En el período de 1961-1981, el  $r_s$  fue  $-0.85$  ( $p < 0.001$ ), lo que significa que el 72% ( $r_s^2$ ) de la variación en las categorías del índice de captura puede atribuirse a las categorías del  $V^3$ . Con el fin de ver si se pueden explicar las desviaciones de las categorías de la línea de regresión por los cambios en la TSM en las zonas de pesca en el momento de la captura, se probaron las categorías de las desviaciones (la categoría observada menos la esperada) contra las categorías de la TSM en los tres primeros trimestres, pero el  $r_s$  no fue significativo.

Parece, por consiguiente, que la TSM en las zonas de pesca no tiene ningún efecto en los índices de captura del barrilete en el Pacífico oriental.

#### ***Vulnerabilidad de los atunes a las redes de cerco con relación al medio oceánico***

La Comisión mantiene continuamente un programa para examinar varios de los factores oceánicos y ambientales que puedan tener un efecto en la distribución y la captura de los atunes tropicales en el Pacífico oriental. En los informes anuales de la Comisión en 1980 y 1981, se presentaron los análisis estadísticos en los que se comprobaba la vulnerabilidad del aleta amarilla con relación a las redes de cerco. Según los estudios anteriores, se concibió una hipótesis en la que se suponía que los cardúmenes de aleta amarilla que no estaban asociados con delfines, eran más vulnerables a la captura cuando la termoclina era fuerte y se encontraba cerca a la superficie. Se presentaron en esos informes descripciones detalladas de la temperatura vertical y de la estructura de la termoclina en el Area Reglamentaria de la Comisión de Aleta Amarilla (ARCAA) junto con los datos oceanográficos empleados para corroborar este estudio. Además, en los informes anuales de 1980 y 1981, se describieron los datos de los índices de captura del aleta amarilla, en términos del tonelaje de captura por hora de búsqueda. La Comisión considera que el método de los índices de captura representa uno de los parámetros más útiles de la pesca positiva.

La capa superior de mezcla en el Océano Pacífico oriental, está caracterizada por temperaturas uniformes y un contenido elevado de oxígeno desde la superficie del mar hasta la termoclina. En ésta, la temperatura y el oxígeno se reducen rápidamente con la profundidad. Las temperaturas se reducen de unos 23°C en la parte superior de la termoclina a 15°C en la parte inferior. La isoterma de los 23°C se ubica en el límite superior intermedio del hábitat del aleta amarilla y la isoterma de los 15°C se encuentra cerca al límite inferior de tolerancia del aleta amarilla. En el ARCAA y al este de los 95°W, la profundidad de la termoclina y la estructura vertical de la temperatura son bastante uniformes durante las temporadas de pesca, desde la costa de México y la América Central hasta la línea ecuatorial. Sin embargo, al oeste de los 95°W se encuentran comúnmente en el ARCAA grandes variaciones en la profundidad de la termoclina y en la estructura de la temperatura vertical, debido a que hay grandes variaciones estacionales en la mezcla de la superficie causadas por el viento y en las masas de agua de la capa mixta.

En el informe anual de la Comisión de 1981, se describió el análisis discriminante como un procedimiento usado para determinar si la profundidad de las isotermas de los 23°C y 15°C, podían distinguir o discriminar entre los grandes y pequeños índices de captura en el ARCAA. Se determinó en el informe que según los varios parámetros ambientales usados en el análisis, la profundidad de la isoterma de 23°C y el gradiente vertical de profundidad eran los mejores discriminadores de los pequeños índices de captura (<1.1 toneladas) y de los grandes índices de captura (>2.7 toneladas) por hora de búsqueda. Se definió el gradiente vertical de profundidad (el gradiente de la termoclina) en ese estudio, como la diferencia de la profundidad entre las isotermas de los 15°C y los 23°C. El estudio reveló además, que en cualquier parte del ARCAA en que se capturaran peces, se asociaban estrechamente los grandes índices de captura del aleta amarilla con termoclinas fuertes y de poca profundidad, en donde las isotermas de 23°C y 15°C se encontraban cerca de la superficie y no muy separadas en profundidad. En 551 casos examinados en los que el aleta amarilla se encontraba asociado con delfines, el gradiente de la termoclina fue el único discriminador estadísticamente significativo. En esos casos, la profundidad de la isoterma de 23°C no fue un parámetro útil para distinguir entre los grandes y pequeños índices de captura.

Los estudios anteriores presentados en 1980-1981, consideraban las capturas del aleta amarilla como un grupo individual en el ARCAA entre la línea ecuatorial y los 20°N. Sin embargo, en el ARCAA la profundidad normal de la capa mixta varía sólo 15 metros en profundidad al este de los 95°W y al norte de los 5°N; pero varía en profundidad de 25 a 35 metros al oeste de los 95°W entre los 5°N y los 20°N. Consecuentemente, las profundidades de las isotermas de 23°C y 15°C, presentan variaciones similares al este y al oeste de los 95°W y también en toda la temporada de pesca. La mayor variación en la estructura de la temperatura vertical al oeste de los 95°W se debe principalmente a los vientos más fuertes en la superficie y a la advección de las masas subtropicales de agua más hacia el sur de la extensión de la Corriente de California.

Con el fin de determinar los efectos sobre los análisis estadísticos debidos a la variación en la profundidad de las isothermas de los 23°C y 15°C al oeste de los 95°W, se dividieron los índices de captura y los datos ambientales asociados en dos grupos, uno al este y el otro al oeste de los 95°W. Cada grupo fue nuevamente subdividido en pequeños índices de captura de aleta amarilla (<2.0 toneladas) y grandes índices de captura de aleta amarilla ( $\geq 2.0$  toneladas por hora de búsqueda). Los dos subgrupos de cada uno de los grupos este y oeste, fueron sometidos a los análisis discriminantes como se describe en el informe anual de 1981. Se realizaron procedimientos similares estadísticos y de subdivisiones con pequeños y grandes índices de captura de aleta amarilla asociado con delfines y también con barrilete. Muchos de los lances sobre barrilete consistían de lances en los que había una mezcla de aleta amarilla y barrilete en los cardúmenes, pero se informó que el barrilete era la especie más abundante. La temperatura de la superficie, la profundidad de las isothermas de 23°C y 15°C, el gradiente de la termoclina y la velocidad del viento en la superficie, constituyen los parámetros ambientales usados como discriminadores en los análisis. Al usar las ecuaciones producidas por los análisis discriminantes y basados en el (los) mejor(es) discriminante(s), se volvieron a reclasificar todos los casos ya sea en índices grandes o pequeños de captura como se definió antes. La reclasificación de los índices de captura proveen la prueba que reveló el grado de asociación de uno o más discriminadores ambientales con los índices de captura.

En la Tabla 34 se dan los resultados de los análisis en donde se dividieron los tres grupos principales en los grupos localizados al este y el oeste de los 95°W. Se presenta el porcentaje promedio de los casos reclasificados correctamente en subgrupos tanto de los índices grandes como pequeños de captura. Se presentaron sólo pequeñas diferencias entre los porcentajes correctamente reclasificados por subgrupos individuales y los porcentajes indicados en la Tabla 34. Los resultados del análisis de los cardúmenes de aleta amarilla, fueron similares a los informados en el informe anual de la Comisión de 1981, en que la profundidad de la isoterma de 23°C y el gradiente de la termoclina fueron los únicos discriminadores significativos. Sin embargo, puede que los cardúmenes de aleta amarilla al este de los 95°W hayan sido más vulnerables a la captura como lo indica el 89% de los casos que fueron reclasificados correctamente (parte superior de la Tabla 34). Las diferencias al este y al oeste de los 95°W en la vulnerabilidad aparente del aleta amarilla con relación a la captura se debieron probablemente, en parte, a la mayor frecuencia en que se presentaron termoclinas fuertes y de poca profundidad en la parte oriental del ARCAA en donde se congregaba más el alimento que al oeste de los 95°W. Los casos de atún aleta amarilla asociado con delfines (parte central de la Tabla 34) revelan que hubo una asociación significativa de los índices elevados de captura con un fuerte gradiente de la termoclina, especialmente en la parte oriental del ARCAA. Sólo el gradiente de la termoclina fue un discriminador significativo en estos casos. En las zonas de altura del ARCAA se ha encontrado con más frecuencia atún aleta amarilla asociado con delfines, en donde la profundidad de la isoterma de 23°C fue constante durante la temporada de la pesca sin reglamentar. Parece que las

fluctuaciones periódicas en la fuerza o gradiente de la termoclina fueron el factor principal relacionado con los índices grandes o pequeños de captura. En contraste a los índices de captura del aleta amarilla, ninguno de los parámetros ambientales ni todos ellos, en conjunto, pudieron explicar bien los índices de captura del barrilete (parte inferior de la Tabla 34). Sin embargo, los parámetros de la temperatura de la superficie del mar y de la velocidad del viento fueron los mejores discriminadores, especialmente al oeste de los 95°W. Estos resultados indican que el barrilete fue más vulnerable a la captura cuando las condiciones del mar fueron más propicias para que los cardúmenes se alimentaran en la superficie, pudiendo los pescadores verlos fácilmente. La estructura de la temperatura subsuperficial no fue un factor significativo en los casos estudiados del barrilete.

En cada temporada estudiada de pesca, se han presentado en muchas zonas del ARCAA termoclinas fuertes de poca profundidad, pero ha habido poca o ninguna captura en estas zonas a las que se les ha aplicado considerable esfuerzo de pesca. La distribución vertical de la temperatura y del oxígeno que son favorables para que los atunes se mantengan cerca de la superficie, puede que sean condiciones necesarias pero no suficientes para mantener a los atunes en esas zonas, a no ser que encuentren allí alimento para atraerlos. Parece razonable que cuando el alimento de los atunes es abundante en el ARCAA, la estructura de la temperatura vertical refleje frecuentemente una fuerte termoclina poco profunda.

#### ***Investigación sobre las condiciones del Niño a fines de 1982***

La Comisión ha vigilado muy de cerca las temperaturas superficiales del mar (TSM) en el Pacífico oriental durante más de 20 años, como parte de su programa de evaluación de la pesca atunera. Durante este tiempo se han presentado cinco períodos importantes del Niño que han durado más de 6 meses. El fenómeno del Niño en el Pacífico oriental se ha caracterizado por el calentamiento anormal de la superficie oceánica, inicialmente a lo largo del ecuador y en el hemisferio austral tropical entre los 85°W y los 140°W. En el otoño austral las TSM, ascienden por lo común rápidamente hasta alcanzar a tener 2°C más que lo normal a mediados del invierno. Al mismo tiempo, las aguas cálidas se esparcen hacia el polo y el este a las costas de las Américas. Estas condiciones se presentan por lo común, en los años del Niño, rápidamente después de junio, junto o como resultado de los cambios anormales en la circulación atmosférica y del océano. A medida que las aguas cálidas avanzan hacia las regiones costeras del Perú y el Ecuador, el ambiente oceánico sufre cambios espectaculares y cambia también la distribución del alimento y de la pesca costera.

Se vigilaron muy de cerca las TSM y las pautas anormales que dominaron los fenómenos del Niño de 1965, 1969, 1972 y 1976. Durante el fenómeno principal del Niño de 1972-1973, las aguas muy cálidas (2° a 4°C superiores a lo normal) se esparcieron rápidamente a principios de 1972, hacia el oeste a lo largo del ecuador y hacia los polos desde la región costera frente al Ecuador y el norte del Perú. Este fue el período más prolongado de calentamiento de las aguas

tropicales oceánicas, desde que se había presentado el fenómeno devastador del Niño en 1957-58. Uno de los sucesos más importantes asociado con la penetración de las aguas cálidas (más de 3 °C que lo normal) en la costa occidental del Perú y el Ecuador, fue el cambio catastrófico en la pesca de anchoveta, que ocurrió después de mediados de 1972.

En julio de 1982, las TSM en el Pacífico oriental, empezaron a ascender más de 1 °C que lo normal sobre una gran parte de la región ecuatorial y en el hemisferio austral al oeste del Perú. Aunque las TSM en las zonas tropicales, al sur del ecuador han sido en promedio algo superiores a lo normal durante varios años, no se habían presentado desde 1976, condiciones importantes del Niño a lo largo de la costa sudamericana. Después de septiembre de 1982, las TSM empezaron a ascender mucho más rápidamente que lo normal en el Pacífico oriental al sur de los 10 °N y a lo largo de las costas del Perú y el Ecuador. Las TSM al norte de una línea a los 10 °N fueron, en promedio, sólo un poco más elevadas que lo normal. Se presentaron tan temprano como en julio a lo largo de la costa norte del Perú en Talara (4.5 °S) y Paita (5.1 °S) TSM de 1 ° a 2 °C superiores a lo normal. En el período a mediados del invierno austral, las estaciones costeras de Chimbote (9.1 °S) hasta San Juan (15.4 °S) y en Manta (0.5 °S) (Ecuador), registraron TSM sólo algo más elevadas que lo normal. Sin embargo, de octubre a diciembre de 1982, todas las estaciones costeras desde el ecuador hasta los 15 °S, registraron TSM de 1 ° a 6 °C superiores a lo normal. En la Figura 38 se presenta el rápido ascenso de las anomalías de las TSM (temperaturas que se alejan de lo normal) después de septiembre de 1982, en las estaciones costeras desde el Ecuador hasta el sur del Perú. En la Figura 39 se describe qué tan extensas han llegado a ser en noviembre las condiciones de las aguas cálidas en el Océano Pacífico oriental tropical. Se formaron grandes anomalías positivas de la TSM (6 °C) a lo largo del ecuador y cerca a la costa del Perú (Figura 39) en octubre de 1982 y se esparcieron a las estaciones costeras durante el mismo mes. En diciembre las pautas de las anomalías de las TSM parecían similares a las de noviembre.

En el futuro se investigarán los detalles oceanográficos que se relacionan a la rápida aparición del Niño a fines de 1982. Sin embargo, durante el análisis rutinario de los datos que tiene la Comisión, fueron evidentes varios acontecimientos ambientales. Por ejemplo, después de abril, el sistema de alta presión del hemisferio austral se desplazó frecuentemente (de su posición normal) hacia el oeste (cerca a los 30 °S, 90 °W). Como resultado, los sistemas de baja presión y las tormentas asociadas atravesaron la costa de Chile, más cerca de la línea ecuatorial que lo común. Esto dio lugar a una extensión hacia el norte de las zonas de baja presión a lo largo de la costa de Chile hasta el Ecuador y a una pluviosidad superior a lo normal en la Cordillera de los Andes y sobre varias zonas costeras. Además, los vientos alisios del sudeste se vieron frecuentemente interrumpidos y debilitados a lo largo del ecuador y sobre los ramales de la Corriente del Perú cerca y lejos de la costa. Por consiguiente, la fuerza de la Corriente Ecuatorial del Sur también se debilitó. En septiembre de 1982, el debilitamiento de la circulación atmosférica y oceánica, resultó en una mezcla oceánica y

en un afloramiento inferior a lo normal en la Corriente del Perú y a lo largo del ecuador. En la Figura 38b se presenta la media de las anomalías mensuales del gradiente de presión de la superficie del mar (la diferencia de presión entre la Isla de Juan Fernandez [34°S, 80°W] y la estación costera de San Juan, Perú, a los 15°S). Las anomalías negativas de la presión (debajo de la línea cero) reflejan los gradientes de la presión superficial y de los vientos más débiles que lo normal en la superficie frente a las costas del sur del Perú y el norte de Chile. La circulación del viento y la presión han sido algo más débiles que lo normal a lo largo de la costa durante el primer semestre de 1982; pero después de julio a medida que los gradientes costeros de la presión permanecieron inferiores a lo normal, las TSM empezaron a ascender rápidamente (Figura 38a). Así que la reducción del afloramiento y de la mezcla oceánica producida por el viento junto con el aumento del calor solar *in situ* fueron los factores principales que contribuyeron al ascenso rápido de las TSM en el último semestre de 1982. A no ser que la circulación atmosférica y oceánica vuelvan a la normalidad a mediados de 1983, puede predominar durante la mayor parte de 1983, una condición del Niño más severa que la de 1972.

En la mayoría de los años del Niño, la pesca de atún y de anchoveta a lo largo de la costa occidental de sudamérica se ha reducido marcadamente después de que las aguas cálidas han invadido las regiones costeras. En los últimos tiempos los grandes fenómenos del Niño en 1957-58 y 1972-73, fueron evidentes por los cambios catastróficos en la biota y por una gran reducción en la cantidad de anchoveta disponible a la pesca peruana. La pesca de barrilete se redujo también excesivamente a lo largo de la costa del Ecuador en los Niños de 1969 y 1972. Según las noticias recibidas recientemente del Perú, se conoce que después de una temporada excelente en la pesca de anchoveta, lograda hasta septiembre de 1982, la pesca cesó abruptamente a medida que las aguas cálidas (6°C superiores a lo normal) invadieron la región costera peruana. Existe gran preocupación en el Perú respecto a la posibilidad de que se presenten graves consecuencias en la pesca de anchoveta de 1983, a causa de las condiciones del Niño en 1982. Además la pesca de barrilete a lo largo de la costa del Ecuador ha sido pobre desde octubre de 1982. A medida que se han desplazado las aguas cálidas a las regiones costeras del Ecuador y Colombia en octubre de 1982, las faenas de pesca se han reducido marcadamente en noviembre y diciembre. Además, las maniobras de pesca en el Golfo de Guayaquil se han reducido después de octubre cuando las TSM en el estuario llegaron a ser inusitadamente elevadas. Es posible que mejore la pesca de altura de aleta amarilla a principios de 1983, al oeste de los 85°W y al sur de las Islas Galápagos, como sucedió en los períodos del Niño de 1972 y 1976.

### **CONDICION DE LAS POBLACIONES DE ATUN EN 1982 Y PERSPECTIVAS EN 1983**

Los investigadores de la Comisión del Atún tienen la responsabilidad de vigilar las fluctuaciones en la abundancia de los atunes tropicales en el Océano

Pacífico oriental y determinar las consecuencias que tiene la intervención del hombre sobre su abundancia. La información científica obtenida cada año por los investigadores se utiliza para recomendar la conservación de estas especies y se presenta oralmente y mediante documentos básicos en las reuniones de la Comisión. Con el fin de divulgar esta información se compendia en este informe anual.

### **ATUN ALETA AMARILLA**

La condición del atún aleta amarilla se calcula mediante la aplicación de modelos generales de producción y de la estructura de la edad. Si se consideran primero los modelos generales de producción, cuando una población de peces no ha sido expuesta a la pesca se encuentra en su óptima magnitud según lo permiten las condiciones ambientales. La falta de alimento, de espacio habitable conveniente, la presencia de depredadores, etc., impide que la población se desarrolle más allá de ese máximo. Se dice que la población está en equilibrio cuando el aumento de la población mediante el reclutamiento y el crecimiento se compensa a la larga por la pérdida debida a la mortalidad natural. Puede que haya años en los que las condiciones ambientales sean especialmente favorables y la población sea superior a lo normal y años en que las condiciones ambientales sean especialmente pobres, en los que la población es inferior a lo normal, pero éstos se pueden temporalmente ignorar en este análisis.

Si una o más embarcaciones pesqueras empiezan a pescar sobre la población, la captura por unidad de esfuerzo (por ejemplo, la captura por día de búsqueda), que se supone sea proporcional a la magnitud de la población sería inicialmente bastante elevada, ya que la población estaría al máximo. El aumento de la población seguiría no solamente la mortalidad natural, pero también la mortalidad por pesca. Por consiguiente, se reduciría la población. Debido a esta reducción, los índices del reclutamiento, crecimiento o de la mortalidad natural cambiarían, excediendo la ganancia de los dos primeros la pérdida del último. Si las embarcaciones cesaran de pescar, esta ganancia neta causaría que la población aumentara paulatinamente a su magnitud original. A medida que la población se aproxime a esa magnitud, los índices del reclutamiento, crecimiento o de la mortalidad natural se aproximarían gradualmente a los niveles anteriores, hasta llegar a ser iguales a los de antes del comienzo de la pesca. En esta forma se recuperaría el equilibrio de la población a su máxima magnitud. Sin embargo, si las embarcaciones continúan pescando al mismo nivel, la población eventualmente llegaría a equilibrarse con diferentes índices de reclutamiento, crecimiento o mortalidad natural alcanzando la población una magnitud inferior a la magnitud original de la misma. La captura por unidad de esfuerzo (CPUE) seguiría siendo proporcional a la magnitud de la población. Si sólo hubiera unas pocas embarcaciones, la magnitud de la población se reduciría sólo un poco y la CPUE sería relativamente elevada, pero si hubiera varios barcos se reduciría considerablemente la población y la CPUE sería muy inferior.



La captura total sería el producto de la CPUE y del esfuerzo total. Si el esfuerzo de pesca fuera relativamente bajo, el poco aumento del esfuerzo compensaría aún más las reducciones correspondientes a la CPUE, lo que daría como resultado mayores capturas, pero este no sería el caso si se aumentara el nivel del esfuerzo. A cierto nivel intermedio del esfuerzo el producto estaría a su máximo. Si el objetivo de la administración es obtener un promedio máximo constante de producción (PMCP) de peces (que es el objetivo declarado en el convenio de la Comisión) el esfuerzo de pesca debería mantenerse a ese nivel. Si el objetivo es una ganancia máxima, el esfuerzo debería ser algo inferior (suponiendo que el precio permanezca constante) y si el objetivo es que haya un empleo máximo de pescadores, el esfuerzo debe ser algo más elevado. Si el esfuerzo es inferior a cualquier óptimo seleccionado, se diría que la población ha sido subexplotada y si el esfuerzo es superior a ese óptimo se diría que la población ha sido explotada en exceso.

Es más fácil considerar las relaciones recíprocas del esfuerzo, la captura y de la CPUE en condiciones equilibradas, pero debe reconocerse que no existen siempre tales condiciones. Por ejemplo, si la población se encuentra en equilibrio cerca al máximo y se aumenta de repente el esfuerzo, la CPUE se reduciría gradualmente durante un período antes de alcanzar un nuevo punto de equilibrio con una CPUE muy baja. Las capturas serían superiores durante el período de transición que en el nuevo punto de equilibrio. Igualmente, si la población se encuentra en equilibrio a un nivel bajo y se disminuye de repente el esfuerzo, la CPUE aumentaría gradualmente durante un período antes de alcanzar un nuevo punto de equilibrio con una CPUE superior. Las capturas serían inferiores durante el período de transición de lo que serían en el nuevo punto de equilibrio.

Se pregunta si los modelos generales de producción son o no aplicables a la pesca del aleta amarilla en el Área Reglamentaria de la Comisión del Atún Aleta Amarilla (ARCAA) (Figura 1). Si lo son, el aleta amarilla que habita el ARCAA debe pertenecer a una población separada, es decir, debe existir relativamente poco intercambio entre estos peces y aquellos de la zona fuera del ARCAA. Si estos modelos son aplicables, este hecho puede solo descubrirse (1) si las perturbaciones causadas por las fluctuaciones de las condiciones ambientales no son tan grandes como para ocultar los cambios en la abundancia aparente causados por las fluctuaciones del esfuerzo de pesca y (2) si se tienen datos de la captura, esfuerzo y de la CPUE en una amplia escala de niveles del esfuerzo de pesca que incluyan preferiblemente niveles superiores al esfuerzo óptimo.

Se ha estudiado el grado de intercambio que existe entre el aleta amarilla que habita el ARCAA y el que vive en la zona exterior y los resultados han sido examinados en informes anuales anteriores de la Comisión. En resumen, los resultados indican que existe alguna entremezcla de peces en el ARCAA y fuera de la misma, pero esto probablemente no es suficiente para anular el empleo del modelo. Los efectos de las condiciones ambientales han sido también estudiados y examinados anteriormente en los informes anuales. Hasta dónde puede deter-

minarse, estos efectos se compensan los unos a los otros durante breves períodos, así que pueden ignorarse en su mayoría sin invalidar el uso del modelo.

El modelo se empleó primero en los datos de la captura, el esfuerzo y de la CPUE de las embarcaciones de carnada durante el período de 1934–1955, lo que suministró un amplio margen de esfuerzo óptimo. Estos datos indicaron que en los límites del esfuerzo cerquero del que se tenía datos, la población se adaptaba al modelo. En 1960 y 1961, el esfuerzo, por primera vez, fue superior al óptimo y la población reaccionó en los años siguientes con capturas y CPUE inferiores, lo que indicó aún más que se podía aplicar el modelo.

Se ha mencionado el esfuerzo, pero hasta ahora no se ha hablado sobre el hecho de que existen varias clases de esfuerzo, es decir, el esfuerzo de las embarcaciones de carnada, de los cerqueros y palangreros, además del esfuerzo realizado por embarcaciones con diferentes capacidades de acarreo. En la mayoría de los casos no pueden sencillamente combinarse las diferentes clases de datos sobre el esfuerzo. Existen dos opciones. Primero, se pueden considerar sólo los datos de una clase de arte, comúnmente la más predominante. Esta se llamará clase normal. La captura total de todas las clases de arte, dividida por la CPUE de la clase normal, suministrará una estimación de todo el esfuerzo en unidades de la clase normal. Segundo, se puede determinar la eficacia de cada clase de arte con relación a la de la clase normal y puede obtenerse el esfuerzo normalizado de cada clase al ajustar los datos brutos del esfuerzo por el factor apropiado. Luego pueden sumarse los datos brutos del esfuerzo de la clase normal de arte y los datos del esfuerzo normalizado de las otras clases para obtener el esfuerzo total normalizado. El personal de la Comisión ha empleado la primera opción y varias combinaciones de las otras dos opciones. Se calcula respectivamente el esfuerzo normal y no normal en días de pesca y en días normalizados de pesca, y la correspondiente CPUE es la captura por día de pesca (CPDP) y la captura por día normal de pesca (CPDNP).

En la década de los cincuenta se seleccionó la clase 3 de arqueo (barcos con capacidades de 101 a 200 toneladas) como la clase normal de las embarcaciones cerqueras porque en esa época los cerqueros de la clase 3 de arqueo capturaban más atunes que los cerqueros de cualquier otra capacidad. Desde ese tiempo se han construido muchos cerqueros de gran porte y varios de los pequeños han zozobrado o no están activos. Los barcos de gran porte pescan en todas las zonas, en cambio los pequeños pescan en su mayoría a unos pocos centenares de millas de la costa y tienen la costumbre de pescar más en los extremos norte y sur del radio de distribución del aleta amarilla y menos en la zona entre la parte meridional de México y Colombia. La normalización implica la comparación de la CPDP de las embarcaciones de diferentes clases de arqueo cuando están pescando en el mismo estrato de zona y tiempo.

La pesca antes de mediados de los años sesenta se realizaba solamente en la región del ARCAA cercana a la costa y en los alrededores de unas pocas islas y

bancos. Sin embargo, a mediados y fines de la década de los sesenta, la flota pesquera empezó a aumentar en magnitud pescando más lejos fuera de la costa. Las zonas de bajura y altura, denominadas respectivamente zonas A1 y A2, se presentan en la Figura 40. Si el intercambio de peces entre estas dos zonas es instantáneo, el PMCP de las dos zonas combinadas será igual solo al de la zona A1, pero si no hay intercambio, el PMCP de las dos zonas combinadas sería la suma de los PMCP individuales de las dos zonas. Los estudios han indicado que existe relativamente poco intercambio de peces entre las dos zonas, así que el PMCP de toda el ARCAA es superior al de la zona A1, pero inferior a la suma de los PMCP individuales. Estos estudios se describen más detalladamente en informes anuales anteriores de la Comisión.

Se necesitan datos de varios años que abarquen una amplia distribución del esfuerzo con el fin de establecer los valores del PMCP y del correspondiente esfuerzo y de la CPUE. En 1968, después de que fue evidente que la estimación del PMCP calculado para la zona A1 no era aplicable a toda el ARCAA los delegados autorizaron al personal para que emprendiera un programa experimental de sobrepesca con el fin de poder obtener tan pronto como fuera posible una estimación del PMCP en el ARCAA. Esto fue necesario debido a que el esfuerzo había sido relativamente constante durante los pocos años en los que se había extendido la pesca mar afuera. Cuando se excedan los niveles óptimos del esfuerzo se reducirá la captura o al menos no aumentará. Se podría entonces reducir el esfuerzo para aumentar eventualmente la captura (suponiendo que se había reducido anteriormente) y así sucesivamente, hasta poder obtener una estimación lo suficientemente buena del PMCP. Sin embargo, esto toma demasiado tiempo ya que la población no reacciona instantáneamente a los cambios en el esfuerzo de pesca y también a que las perturbaciones causadas por los factores ambientales dificultan aún más la interpretación de los resultados. El programa experimental de la sobrepesca permaneció vigente hasta 1979.

Se examinará ahora la condición actual del aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental, según ha sido determinada por el análisis de los modelos generales de producción. Existen varios factores que no han sido mencionados en este informe que afectan aparentemente el modelo. Estos han sido examinados en informes anuales de la Comisión, así que no se mencionarán de nuevo. Debido a la naturaleza complicada de la pesca y a los rápidos cambios ocurridos en los últimos años, se han realizado bastantes experimentos en la selección y preparación de los datos y procedimientos matemáticos que se han de emplear en el análisis de los datos de captura, esfuerzo y CPUE. Se examinan en este informe sólo los dos métodos a los que se les ha dado más importancia en 1982. Un método emplea el modelo logístico, en el que se supone que la relación de equilibrio entre la captura y el esfuerzo es lineal. El otro emplea el modelo general de producción de la población, en el que la relación de equilibrio entre la captura y el esfuerzo no necesita ser lineal. Se usan en ambos métodos sólo los datos del esfuerzo, de la CPUE y de la (CPDP) de barcos de la clase 6 de arqueo (de más de 400 toneladas de capacidad). (En años anteriores se empleó un tercer

método, en el que se usaba el modelo logístico y los datos normalizados a la clase 3 de los barcos (101-200 toneladas de capacidad). Sin embargo, debido a la escasez de barcos de la clase 3, se presentan en este informe sólo los datos de la clase 6. Se hicieron cálculos según el tercer método, pero como ha sido el caso en los últimos años, no hubo diferencias al compararlos con las estimaciones de la clase 6).

En la Tabla 35 se presentan las cuotas, la captura y los datos de la CPDP del ARCAA y de la zona fuera de la misma, correspondientes al período de 1968-1982. Los datos de la CPDP se presentan en el recuadro superior de la Figura 41. Las curvas equilibradas de producción y los puntos observados que representan la captura y el esfuerzo sin equilibrar se presentan en la Figura 42. Se estima que el PMCP es de unas 175 mil toneladas y el esfuerzo necesario para capturar esa cantidad en condiciones equilibradas se estima que sea para el modelo logístico (simétrico) de unos 22.5 mil días de la clase 6 de barcos y unos 27 mil días de la clase 6 de barcos para el modelo general de producción (asimétrico) de la población.

En cada uno de los dos métodos se estima que el PMDP es de unas 175 mil toneladas, igual a como se estimó en años anteriores. En el modelo simétrico los puntos de 1976-1981, se ubican a la derecha del punto máximo de la curva y el caso es el mismo para el modelo asimétrico en lo referente a los puntos de 1977-1981, lo que indica que el esfuerzo en esos años ha excedido la cantidad necesaria para lograr el PMCP. Las capturas tendieron a reducirse durante esos años, lo que indica que los modelos generales de producción que se acaban de examinar están desempeñando una buena labor en describir la condición de la población del aleta amarilla en lo referente a las consecuencias de la pesca. No es aún evidente cuál de los dos modelos describe mejor la dinámica de la población del aleta amarilla, si el simétrico o el asimétrico. Esto podrá determinarse, tal vez, cuando hayan transcurrido varios años más de pesca, excediendo el esfuerzo 30 mil días de la clase 6 de arqueo, pero puede que las condiciones económicas impidan mantener el esfuerzo a tal nivel en vista de que el esfuerzo a ese nivel en 1979 y 1981, no resultó en un gran aumento de captura.

La entrada de los datos en los modelos de la estructura de la edad está formada por las estimaciones del reclutamiento, crecimiento y de la mortalidad natural y por pesca. Los estimativos de los índices de crecimiento y la mortalidad se obtienen mediante el análisis de los datos sobre la composición de talla de los peces en la captura, complementados por los datos de la devolución de marcas y otros datos de varias clases. El personal de la Comisión ha obtenido desde 1954, datos sobre la composición de talla de las capturas del aleta amarilla y barrilete en el Océano Pacífico oriental y ha tenido además, acceso a datos análogos obtenido en 1951-1954, por el California Department of Fish and Game.

El análisis de la estructura de la edad que se emplea más comúnmente, es el modelo del rendimiento por recluta. Si una generación sin explotar de juveniles o

de peces jóvenes adultos se encuentra en una zona, su peso total aumenta a medida que los peces crecen rápidamente, mientras que las pérdidas debidas a la mortalidad natural son moderadas. Más tarde, sin embargo, cuando los peces envejecen, el índice de crecimiento es más lento, mientras la mortalidad natural continúa siendo moderada. Así que las pérdidas con relación al peso total debidas a la mortalidad natural, en esa época, son superiores a las ganancias debidas al crecimiento y hay una pérdida neta con relación al peso total. Eventualmente, la generación desaparece. La forma ideal para obtener el rendimiento máximo en peso de una generación de peces sería la de pescar cada pez justamente antes de que muriera debido a causas naturales. Claro está que ésto es imposible. La mejor opción, después de ésto, sería capturar todos los peces que no han muerto antes de que alcancen la edad o talla ("edad crítica" o "talla crítica") en la que la pérdida con relación al peso total debido a la mortalidad natural, compense exactamente la ganancia proveniente del crecimiento. Esto es posible en algunos animales, como son las ostras o almejas que están expuestas a la marea baja y por lo tanto pueden capturarse allí fácilmente. Cuando el encargado de un banco de ostras o almejas lo vigila a intervalos frecuentes y saca los ejemplares que han alcanzado la talla crítica, esta labor produce una cantidad ilimitada de mortalidad por pesca de los animales que han alcanzado esa talla. Es evidente que esta opción no es práctica con respecto a la mayoría de las especies de peces.

Parece, instintivamente, que si no es posible la segunda opción, se debe realizar al principio la pesca sobre peces que no han aún alcanzado la talla crítica. Esta es la tercera opción y la única práctica con referencia a la mayoría de las especies de peces. Se supone, por el momento, que la edad de entrada (es decir, la edad correspondiente a la talla mínima de los peces capturados) puede controlarse eficazmente. Si el esfuerzo de pesca es elevado, se seleccionaría una edad de entrada sólo un poco inferior a la edad crítica y el rendimiento sería casi tan elevado como sería bajo en la segunda opción. Si el esfuerzo de pesca es más bajo, se seleccionaría una edad de entrada considerablemente inferior a la edad crítica, los peces capturados exhibirían una amplia fluctuación de edades y tallas, y el rendimiento sería considerablemente inferior a lo que sería bajo la segunda opción (pero seguiría siendo el máximo posible sin aumentar el esfuerzo).

Sin embargo, puede que no sea posible controlar eficazmente la edad de entrada. Si es así, la única manera de administrar la pesca es controlando el esfuerzo. Si la edad de entrada es superior a la edad crítica, se puede permitir un esfuerzo ilimitado, pero si la edad de entrada es inferior a la edad crítica, la limitación del esfuerzo podría aumentar el rendimiento.

Se necesitan las estimaciones confiables del crecimiento y la mortalidad natural para calcular la talla y la edad crítica. Las estimaciones obtenidas por el personal de la Comisión para el aleta amarilla, especialmente las de la mortalidad natural, no son tan confiables como se desearía, pero se estima que la talla crítica es aproximadamente de 111 cm (62 libras). La mayoría de los peces capturados por la pesca con carnada son considerablemente inferiores a la talla crítica. Cuan-

do la mayor parte de la flota atunera fue reacondicionada de la pesca con carnada a la pesca con redes de cerco a fines de los años cincuenta y el comienzo de los sesenta, el promedio de talla de los peces en la captura aumentó, siendo muchos de ellos aproximadamente iguales o más grandes que la talla crítica. El promedio anual de captura del aleta amarilla ha sido considerablemente superior después del período del reacondicionamiento a cerqueros que durante el período anterior. Como se indicó antes, la expansión mar afuera de la pesca a mediados y fines de los años sesenta fue un factor importante en el aumento de las capturas, pero el incremento en el promedio de talla de los peces capturados puede haber sido en parte responsable por el aumento.

No se ha mencionado, hasta ahora, que se debe permitir la reproducción, al menos, una vez, de algunos de los ejemplares de una generación de peces antes de que se capturen. Si el desove ocurre mucho antes de que el pez alcance la talla crítica, probablemente no hay peligro desde ese punto de vista, pero si el desove no ocurre sino después de que el pez ha alcanzado la talla crítica y el esfuerzo de pesca es elevado, existe la posibilidad de que el número de reproductores se reduzca tanto, que el reclutamiento se reduciría también en los años siguientes. [No se debe suponer, sin embargo, que una modesta reducción de reproductores disminuiría el reclutamiento en los próximos años, ya que éste no es el caso de la mayoría de las especies de peces]. El modelo del rendimiento por recluta, como se describe aquí, no toma en cuenta la posibilidad de una reducción en el reclutamiento, pero éste forma parte integral de los modelos generales de producción.

Además, no se ha mencionado que el crecimiento de un pez individual puede ser más lento o que el índice de la mortalidad natural pueda ser mayor cuando una población de peces es densa que cuando no lo es. Por consiguiente, la pérdida debida a la captura de algunos peces de una talla inferior a la talla crítica puede al menos compensar parcialmente el rápido crecimiento o la poca mortalidad natural del resto de los peces. Además, si los índices de crecimiento o mortalidad natural se encuentran afectados por la densidad de la población, la talla y la edad crítica han de variar de acuerdo a la densidad de la misma. Tampoco se considera este problema en el modelo del rendimiento por recluta, conforme se describe aquí, pero forma parte integral de los modelos generales de producción.

El objetivo administrativo que se ha de lograr de acuerdo al análisis del modelo del rendimiento por recluta es obtener el rendimiento máximo por recluta. En la Figura 43 se presenta la relación estimada entre la talla de entrada, el esfuerzo de pesca y el rendimiento por recluta. Varias de las combinaciones del esfuerzo de pesca y de la talla de entrada producen varios rendimientos por recluta, los que se indican mediante curvilíneas. El recuadro superior se basa en los índices de la mortalidad por pesca a edad específica, estimados según los datos frecuencia-talla, obtenidos durante el período de 1968-1972 y un índice instantáneo de mortalidad natural de 0.8; el recuadro del medio está basado en los índices de la mortalidad por pesca a edad específica, estimados según los datos

frecuencia-talla de 1973-1978 y el mismo índice instantáneo de la mortalidad natural; el recuadro inferior es igual al superior, excepto que se substituye el índice instantáneo de la mortalidad natural por 0.6. Se cree que la estimación más probable sea de 0.8, pero se incluye la de 0.6 para determinar qué tanto más alta debe ser la edad de entrada si el índice de la mortalidad natural es más bajo. Los valores en la escala horizontal son múltiplos del esfuerzo de pesca durante los años de que se trata, es decir, 0.5, 1.0 y 2.0 en el recuadro superior representan los valores del esfuerzo, la mitad de, igual a y el doble de los valores actuales del esfuerzo de 1968 a 1972. El peso aproximado de las capturas de cada grupo de edad correspondiente a un multiplicador de 1.0 se presenta en la esquina superior izquierda de cada recuadro. En los tres recuadros, el rendimiento por recluta aumenta a 1.0 con el incremento de los multiplicadores del esfuerzo, sin miras a la talla de entrada. Con multiplicadores de más de 1.0 el rendimiento por recluta permanece casi igual con tallas menores de entrada, pero continúa aumentando con tallas mayores de entrada. Con excepción de los niveles del esfuerzo que son aproximadamente inferiores a la mitad del esfuerzo actual correspondiente, el rendimiento por recluta aumenta con el incremento de la talla de entrada. En el recuadro superior, por ejemplo, la talla óptima de entrada es de unas 15 libras con un multiplicador de 1.0 y de unas 30 libras con un multiplicador de 2.0. Los rendimientos por recluta, correspondientes, son respectivamente 5.3 y 6.7 libras. En el recuadro superior, con una cantidad infinita de aumento en el esfuerzo, la talla óptima de entrada sería de 62 libras, la talla crítica, y el rendimiento por recluta sería 7.6 libras.

Antes de 1973, la pesca había maniobrado sobre peces que en promedio eran más grandes, siendo la mayoría de la captura de peces de 2, 3 y 4 años. Sin embargo, después de esa época, la pesca cambió a tallas más pequeñas, consistiendo la mayoría de la captura de peces de 1 y 2 años. El rendimiento por recluta de la distribución de estas dos edades se presenta en el recuadro superior y del medio de la Figura 43. Al usar un multiplicador de 1 de la mortalidad por pesca, un peso de entrada de 7 libras y la estructura de la edad actual (recuadro del medio), el rendimiento por recluta sería de unas 4.4 libras. Con la misma intensidad de pesca y peso de entrada, pero con la estructura de la edad indicada en el recuadro superior de los años anteriores a 1973, el rendimiento correspondiente por recluta sería de unas 5.2 libras. Esto indica que el regreso a la estructura de la edad, similar a la de la pesca anterior a 1973, produciría un aumento significativo en la captura.

La descripción anterior incluye la suposición implícita de que si se altera la edad de entrada el esfuerzo de pesca no cambia. Este sería el caso si la pesquería maniobrara de la siguiente manera. Primero, cuando la edad de entrada fuera baja, las embarcaciones buscarían cardúmenes de peces y encontrarían algunos formados por pequeños peces y otros con grandes peces y realizarían lances sobre ambos. Más tarde, cuando se aumentara la edad de entrada, los barcos buscarían en la misma forma de antes, pero solo harían lances en cardúmenes con grandes peces. Por consiguiente, el esfuerzo dirigido hacia los grandes peces sería igual en

el segundo período que en el primero. Sin embargo, se cree que si por alguna razón la edad de entrada del aleta amarilla se aumentara, los pescadores tratarían de buscar menos en los estratos de tiempo y zona que tuvieran preponderancia de peces pequeños y más en aquellos que tuvieran preponderancia de peces grandes, así que el esfuerzo de pesca aumentaría sobre los grandes peces. En general, ésto probablemente aumentaría el rendimiento por recluta.

Además de los estudios del modelo del rendimiento por recluta, el personal de la Comisión ha realizado un análisis detallado sobre las generaciones. Una generación está formada por todos los peces reclutados al mismo tiempo en la pesca, como la generación (grupo) X70 que entró primero en pequeñas cantidades a la pesca durante el primer semestre de 1970 y contribuyó significativamente a ella por primera vez durante el segundo semestre de ese año y la generación Y70 que entró por primera vez en pequeñas cantidades en la pesca en el segundo semestre de 1969, contribuyendo por primera vez significativamente a ella en el primer semestre de 1970. Se ha estimado que las generaciones X e Y tienen en promedio la misma magnitud.

Además de la interpretación del significado de los resultados, el análisis de las generaciones consiste en el cálculo de las cantidades y peso de los peces de uno o más grupos en el momento del reclutamiento y luego a varios intervalos, y en las cantidades y peso de los peces que son capturados y que mueren durante cada intervalo. La información necesaria referente a tales análisis incluye la cantidad y el peso promedio en la captura de los peces de cada generación, una estimación del índice de la mortalidad natural (o las estimaciones de una serie de índices si la mortalidad natural no es constante en los peces de diferentes edades) y una estimación del índice de la mortalidad por pesca, al menos en un intervalo de captura. Todos estos cálculos se obtienen según el análisis de los datos de las estadísticas de captura y de la frecuencia de talla que incluyen, como primera fase, la asignación a grupos o generaciones de los peces en la captura. Los resultados de estos análisis no son tan precisos como se desearía porque aunque los peces de los diferentes grupos pueden distinguirse los unos de los otros cuando son jóvenes, es cada vez más difícil a medida que crecen, así que probablemente se asignan los peces más viejos a generaciones erradas. Consecuentemente, no sólo las estimaciones de las capturas de los peces de cada generación son menos precisas de lo que se desearía, pero las estimaciones de los índices de mortalidad son en cierta forma crudas. Se emplea específicamente una estimación de 0.8 para el índice anual instantáneo de la mortalidad natural (equivalente a un índice anual del 55 por ciento), pero se sospecha que este índice varía con la edad, siendo superior para los peces más jóvenes e inferior para los más viejos. Además, la vulnerabilidad de los peces en la captura varía de acuerdo a la edad, zona, temporada, tiempo y otras circunstancias y ésto presenta "variación" y posiblemente también error (sesgo), en los cálculos.

Se han analizado las generaciones de las temporadas de 1965 a 1982. Se estimaron diferentes índices "iniciales" de la mortalidad por pesca en los trimestres en que se explotaron por última vez diferentes grupos, basados en las



fluctuaciones del esfuerzo de una temporada a otra. Además, con fines comparativos se hicieron los cálculos de todos los grupos con índices iniciales más elevados y bajos que aquellos considerados como los mejores estimativos. Los resultados indicaron que estos índices iniciales pueden influir en las conclusiones generales, especialmente con referencia a las condiciones actuales de la población.

Los resultados, al emplear las "mejores" estimaciones de la mortalidad procedentes de los diferentes índices de pesca en el trimestre inicial, se presentan en la Tabla 36. Cuando se emplea esta tabla es evidente el promedio estimado, en cantidades de peces, de cualquier grupo o generación de la población. Por ejemplo, en el grupo X68, el promedio fue de 23,519,000 peces de 1 año en el primer trimestre de ese año y la población de ese grupo tuvo respectivamente en el segundo, tercero y cuarto trimestre de ese año un promedio de 19.3, 15.6 y 12.4 millones de peces (línea de 1968, I columna). En 1969, el promedio de la población de peces de 2 años de ese grupo fue respectivamente del primero al cuarto trimestre 9.9, 7.5, 5.9 y 4.8 millones de peces (línea de 1969, II columna) y así sucesivamente. El promedio de la cantidad de peces de 1, 2, 3 y 4 años de edad de los cuatro grupos X (1968, 1967, 1966 y 1965) fue respectivamente en el primer trimestre de 1968, 23.5 millones, 8.3 millones, 3.6 millones y 0.1 millones (línea de 1968). Esta situación es igual para los grupos Y que para los grupos X, excepto que existe una columna 0 de los peces más jóvenes, ninguno de los que se supone sea capturado antes del tercer trimestre del año. En la Tabla 36 se presenta también una columna V+, que incluye los peces de más edad que no pueden asignarse a ninguno de los grupos y se obtuvo indirectamente la magnitud de la población según los datos de captura y las estimaciones de mortalidad de los peces más jóvenes. Se supone que la mitad de éstos pertenece a los grupos X y la mitad a los grupos Y.

El número de reclutas de cada grupo (es decir, la cantidad promedio de los trimestres iniciales) se enumera en la Tabla 37. Los promedios anuales de los grupos X e Y son casi iguales, 25 millones para el grupo Y y 22 millones para el grupo X. La variabilidad entre los años es superior para el grupo Y (3.6) que para el grupo X (2.2) y la de los datos combinados (2.6) es intermedia. Aunque el reclutamiento es variable no existe una tendencia evidente del reclutamiento sobre el tiempo.

Se estimó que el peso promedio de los peces en cada trimestre, comenzando con el trimestre en que se reclutan en la pesca es:

Trimestre	Peso promedio	Trimestre	Peso promedio	Trimestre	Peso promedio
1	4.0	7	27.0	13	98.0
2	5.6	8	36.1	14	111.1
3	8.0	9	45.0	15	122.0
4	10.2	10	55.1	16	130.0
5	13.5	11	67.0	17	134.0
6	18.9	12	83.0	18	136.0
				19 +	157.0

Estos valores se multiplicaron por los valores correspondientes de la Tabla 36 para calcular el promedio estimado anual de la biomasa (promedio total del peso durante cuatro trimestres) de cada grupo. Estos datos se presentan en la Figura 44. Es fácil ver la fuerza relativa de los varios grupos según esta figura. Por ejemplo, los grupos X74 e Y74 (líneas diagonales) fueron ambos relativamente fuertes, porque aunque hubo una gran captura de peces pequeños en 1974, su biomasa permaneció elevada en los años siguientes. El grupo Y73, por otra parte, fue solamente promedio, ya que después de haberse pescado fuertemente en 1973, su biomasa fue baja. El grupo X66 fue consistente, pero los peces no fueron fuertemente explotados cuando eran jóvenes, así que después de 1966, la biomasa de ese grupo fue elevada durante varios años.

En la Figura 45 se presenta el promedio trimestral y el promedio anual de las estimaciones de la biomasa de 1968 a 1982, de todos los peces, omitiendo su edad y de todos los peces del grupo Y que han estado en la pesca más de seis trimestres desde el reclutamiento, más todos los peces del grupo X que han estado en la pesca más de ocho trimestres desde el reclutamiento. No se presentan los datos de 1965-1967, ya que durante este período la pesca en el ARCAA seguía desarrollándose y las estimaciones de la biomasa de los grupos durante esos años tienen un sesgo descendente. En 1968-1971, el promedio de la biomasa total fue aproximadamente 350 mil toneladas. Esta estaba formada por una gran proporción de peces más viejos procedentes del reclutamiento de peces de 1966 y 1967, habiendo sido poco explotados como peces jóvenes. El reclutamiento inferior al promedio, junto con el aumento en los índices de explotación durante 1969-1972, dió como resultado una reducción en la biomasa durante 1972 y 1973, tanto de peces jóvenes como viejos. La poca biomasa de peces más viejos persistió durante 1974, en cambio la abundancia de peces más pequeños empezó a aumentar en ese año como resultado de una generación extremadamente grande de 1974. Se puede considerar esa generación como productora de la mayoría del aumento en la biomasa de grandes peces a fines de 1975, todo 1976 y principios de 1977. La captura más grande de aleta amarilla en la historia de la pesca se logró en 1976. El reclutamiento durante 1976 y 1977, inferior al promedio, junto con la fuerte explotación de los peces jóvenes desde 1973, dió como resultado una reducción en la biomasa tanto de peces jóvenes como viejos, alcanzando los niveles más bajos observados en la pesquería. Aunque el reclutamiento de 1978 y 1979, fue grande, excediéndolo solamente el de 1974, se capturaron tantos peces de 1 y 2 años de edad que no se espera que hayan contribuido mayormente a la pesca en 1981 o 1982. El reclutamiento en 1980 y 1981, fue algo superior al promedio y las estimaciones preliminares del reclutamiento de 1982, indican que fue algo superior al promedio.

Las capturas cerqueras de peces de los grupos X e Y, y de ambos grupos combinados, durante los 6 primeros meses de 1968-1982, se presentan en las Figuras 46 y 47. En la Figura 46 cada recuadro incluye las capturas de peces de diferentes grupos en el mismo año, mientras que en cada recuadro de la Figura 47 se incluyen las capturas de peces del mismo grupo en diferentes años.

Al comparar estas cuatro figuras, las estimaciones anuales de la biomasa de los grupos X e Y (Figura 44), las estimaciones trimestrales de la biomasa total y de la biomasa de los grandes peces (Figura 45) y las capturas cerqueras obtenidas durante los 6 primeros meses de cada año por edad y grupo (Figuras 46 y 47) es evidente que las grandes capturas de peces pequeños en los últimos años han alterado la composición de edad en la población y la captura. Cada vez sobreviven menos individuos hasta alcanzar grandes tallas y el análisis del rendimiento por recluta examinado anteriormente, ha indicado que esto reduce probablemente la captura total. El análisis de los grupos corrobora esto y provee datos para cuantificar las diferencias. Se ha estimado toda la contribución aportada a la pesca por cada grupo X e Y durante su ciclo de vida en la misma. Las sumas de las capturas estimadas de los dos grupos que entran cada año han fluctuado de 121 mil toneladas en 1972 a un máximo de 268 mil toneladas correspondiente al grupo de 1974. Si no se hubiera explotado tanto la generación de 1974, durante su primer año en la pesca, hubiera contribuido aún más. La división de estas capturas por las estimaciones anuales correspondientes al reclutamiento, indica que el rendimiento por recluta antes de 1973, era de unas 8 libras, en cambio desde el período de 1973 en adelante, ha sido de unas 7 libras. (Estas estimaciones del rendimiento por recluta son algo más elevadas que las indicadas en el examen del modelo del rendimiento por recluta, debido a las diferencias en los métodos de cálculo y la selección de un multiplicador. En el modelo del rendimiento por recluta, se supuso que el reclutamiento ocurría a los 40 cm, mientras que la talla promedio de los peces es algo superior en el primer trimestre en el análisis de los grupos). Con un reclutamiento promedio de 45 millones de peces y una composición de talla en la captura similar a la del período de 1968-1972, el rendimiento total anual sería de unas 175 mil toneladas. Con el mismo promedio de reclutamiento, pero con una composición de talla similar a la de los últimos años en la pesca, el rendimiento total anual ha de ser de unas 155 mil toneladas.

Los análisis presentados anteriormente al usar los modelos generales de producción, han producido constantemente estimaciones del PMCP de unas 175 mil toneladas de atún aleta amarilla en el ARCAA. La captura actual, que ha excedido esa cantidad en 8 de los últimos 10 años, se ha ido reduciendo desde que se obtuvo una captura máxima en 1976 de unas 210 mil toneladas. La captura de 1982, es inferior a la captura de cualquier otro año desde 1971.

En términos del modelo simétrico de producción, la pesca ha estado maniobrando al lado de la curva de la sobrepesca en los años de 1976-1981. Con el fin de mantener la población en 1983, a su nivel actual, la captura del aleta amarilla en el ARCAA en ese año, no debe exceder 174 mil toneladas. Si el esfuerzo en 1983, permanece casi al mismo nivel promediado en los últimos años (unos 24 mil días de la clase 6 de arqueo) la captura en 1983, puede producir unas 172 mil toneladas.

Al considerar la curva asimétrica de la producción, indicada como una línea a trazos en la Figura 42, la pesca ha maniobrado al lado de la curva de la

sobrepesca en los años de 1977-1981. En este caso, sin embargo, el efecto de la sobrepesca no es tan marcado, ya que el lado derecho de la curva de producción se encuentra mucho más nivelado y el esfuerzo óptimo aparece a un valor más alto. Si la curva representa la reacción de la población a la pesca y si el esfuerzo durante 1983, se mantiene aproximadamente en 24 mil días de la clase 6 de arqueo, la captura del atún aleta amarilla en el ARCAA en 1983, debe ser de unas 193 mil toneladas.

El análisis de los datos de la composición de talla de la captura del aleta amarilla ha demostrado que desde 1973, la pesca depende cada vez más en peces más jóvenes y pequeños. El rendimiento por recluta ha disminuído significativamente desde que empezaron a aumentar las capturas de los peces más pequeños en 1973. El análisis de las generaciones discutido en la primera parte de este documento corroboran estos resultados. Indica además, que el reclutamiento de los grupos individuales de edad es muy variable. El promedio anual del reclutamiento en la pesca ha sido de unos 48 millones de peces, pero ha variado entre unos 29 y 83 millones de peces. Al utilizar esta estimación del promedio anual del reclutamiento y al calcular la captura en peso de cada generación, se concluye que ha habido una reducción en el rendimiento total potencial desde los años anteriores a 1973. de unas 188 mil a menos de 165 mil toneladas, correspondiente a los años siguientes a esa época.

Suponiendo que las estimaciones del análisis de la generación y el rendimiento por recluta representan adecuadamente las condiciones de la pesca y que el esfuerzo de pesca en 1983, se aproxima el promedio de los últimos años, la captura en 1983, no debe exceder unas 165 mil toneladas. Si el reclutamiento permanece igual, si se mantiene el esfuerzo al nivel actual y si la composición de talla en la captura vuelve a ser lo que era antes de 1973, permitiendo de tal manera que se protejan más los peces pequeños, la pesca podría en el futuro sostener rendimientos máximos hasta de unas 188 mil toneladas.

Si el número de los grandes peces ha de aumentar en la población, la pesca debe reducir su dependencia en los peces de 1 año de edad. Como se indicó en los informes anuales anteriores, la remuneración al proteger los peces jóvenes sería substancial, pero es difícil lograr ésto.

Existen varios métodos para reducir la dependencia sobre los peces pequeños. Uno sería fijar un límite mínimo de talla. Otro sería vedar la pesca irrestricta en algunas zonas durante ciertas temporadas, si predominan peces pequeños. Se podría cambiar también la fecha de apertura de la temporada para limitar la pesca durante un período en el que los peces pequeños son más abundantes en la captura. El análisis de los datos de la composición de talla, indica que en general, hay una incidencia mayor de peces pequeños mezclados con los grandes y de barrilete mezclado con aleta amarilla pequeño. Esto haría muy difícil tratar de proteger al aleta amarilla pequeño ya que los barcos, al tratar de capturar atunes aleta amarilla grandes o barrilete, podrían capturar grandes can-

tidades de peces pequeños. Si estos peces pequeños no pueden descargarse, se arrojarían de nuevo al mar ya muertos y se reduciría el rendimiento por recluta en lugar de aumentarlo. Si, por otra parte, los pescadores pudieran evitar los peces pequeños, habría un aumento en el rendimiento por recluta.

No parece que el cambio en la fecha de apertura de la temporada sería tan beneficioso como se pensó anteriormente. Cuando se aplicó la mayor parte del esfuerzo durante el primer semestre, se obtuvieron pocas capturas de peces del grupo Y que entraron por primera vez a la pesca durante el segundo semestre, cuando pesaban cerca de 3 a 6 libras. Se creyó que esto se debía en su mayoría a la falta de disponibilidad de los peces de ese grupo. Sin embargo, en los últimos años, ha habido una fuerte pesca en el segundo semestre y han aumentado substancialmente las capturas de los peces del grupo Y entrante. Por consiguiente, el beneficio que se podría obtener al cambiar la temporada para proteger a los peces más jóvenes puede que no sea tan grande como se pensó originalmente. Los investigadores no pueden recomendar actualmente ninguna de las medidas anteriores, ya que no se puede pronosticar el efecto que pueda tener tal reglamentación en la captura actual (ni en los descargues) de peces pequeños.

Otro método para proteger los peces pequeños sería limitar la magnitud total de captura de todo el aleta amarilla incluso el pequeño. Esto podría efectuarse al reducir todo el esfuerzo de pesca en 1982. Esto resultaría en que sobrevivieran más peces de 1 año; en esta forma se podría, en los años siguientes, disponer de ellos a más edad. Esto haría también que la estructura de la edad fuera similar a la de los años sesenta y comienzo de los setenta. Dicha reducción en el esfuerzo y la captura estaría de acuerdo con las conclusiones obtenidas por el análisis del modelo general de producción.

Respecto a una recomendación en 1983, se debe recalcar que aparentemente la pesca está maniobrando al lado de la sobrepesca de la curva en el modelo simétrico y al lado de la subpesca de la curva en el modelo asimétrico. Si el modelo simétrico es aplicable, los pequeños cambios en la captura darían como resultado cambios relativamente grandes en la magnitud de la población y en la producción equilibrada.

Aunque no se conoce si el modelo simétrico o el asimétrico describe mejor la reacción de la población a la pesca, debe escogerse uno de los dos. Si se fija la cuota a unas 180 mil toneladas, pero prevalece el modelo simétrico, continuará entonces el exceso de pesca. Si se fija la cuota en 165 mil toneladas, pero prevalece el modelo asimétrico, empezará entonces a aumentar la población más allá de su magnitud óptima. Parece más prudente fijar una cuota basada en el modelo simétrico. Si se escoge el modelo simétrico más conservador pero si el modelo asimétrico fuera válido, no se ocasionaría ningún perjuicio. En realidad, aumentaría el promedio de talla de los peces, aumentando el rendimiento por recluta en los años siguientes. Ya se indicó anteriormente que los límites de la

talla mínima, las zonas de veda o ambas cosas, no servirían probablemente para alterar la composición de talla en la captura, pero que una cuota reducida de captura tendería a aumentar el rendimiento por recluta. Se recomendó, por consiguiente, en la XL reunión de la Comisión, celebrada en octubre de 1982, que la cuota en 1983, se fijara en 170 mil toneladas americanas de atún aleta amarilla. (Esta recomendación se hizo cuando se había proyectado que la captura de atún aleta amarilla en el ARCAA en 1982, sería de unas 145 mil toneladas y se calculó que el esfuerzo sería aproximadamente de 26 mil días. La captura actual y el esfuerzo en el año fueron respectivamente 118.5 mil toneladas y 25 mil días). La cuota recomendada de 170 mil toneladas es inferior al rendimiento del equilibrio estimado actualmente de 174 mil toneladas en el modelo simétrico, pero sólo un poco y significativamente inferior de lo que se hubiera podido obtener (193 mil toneladas) con el mismo esfuerzo si se mantiene el modelo asimétrico. En el caso de que exista la posibilidad de que los investigadores hayan subestimado la abundancia de la población, se debe mantener flexibilidad y ajustar la cuota en 1983, mediante incrementos.

La pesca ha maniobrado en la zona fuera del ARCAA (Figura 40, zona A3) desde 1968 (Tabla 35). En el primer semestre del año existe relativamente poca pesca allí, debido principalmente al mal tiempo. Cuando el tiempo mejora allí en mayo-junio o poco tiempo después, el ARCAA se encontraba vedada en la mayoría de los años a la pesca libre, desplazándose varios de los barcos de gran porte de la flota internacional fuera de la zona del ARCAA. Los experimentos de marcado han indicado que es poca la proporción de mezcla entre esta zona y la del ARCAA, así que hasta ahora, se considera separadamente el aleta amarilla que habita en la zona fuera del ARCAA del que vive en el ARCAA.

En 1969, la CPDP fue superior a 20 toneladas, pero desde entonces, la CPDP ha sido notablemente constante entre 9 y 13 toneladas (Figura 48, recuadro superior). En 1969, 1970 y 1971, el esfuerzo fue inferior a 2.6 mil días y las capturas fueron menos de 31 mil toneladas (Figura 48, recuadro inferior). En el período de 1972-1976, el esfuerzo y las capturas fueron casi constantes, el primero entre 3.5 y 4.1 mil días y la última entre 41 y 51 mil toneladas. Desde 1977 a 1982, debido aparentemente a la reducción del esfuerzo, el promedio de captura fue solamente de unas 20.2 mil toneladas, reduciéndose la CPDP un poco con relación a la de 1970-1976. En el recuadro inferior de la Figura 48 es evidente que la captura en la zona fuera del ARCAA ha permanecido proporcional al esfuerzo. Si la forma logística del modelo general de producción expresa adecuadamente la relación entre la captura y el esfuerzo de la zona fuera del ARCAA, como se examinó anteriormente en la zona del ARCAA, entonces, parece que la pesca esté maniobrando fuera de esta zona al lado de la subpesca de la curva. Así que actualmente no parece que exista una razón biológica para establecer límites en la captura o en la intensidad de pesca fuera del ARCAA.

Si los peces que habitan fuera del ARCAA forman parte de la población que aparece en el ARCAA, se esperaría que hubiera habido en los últimos años una

reducción en la biomasa y en el promedio de talla de los peces fuera del ARCAA. Según los datos de la CPDP no es evidente que exista tal reducción en la biomasa fuera del ARCAA. Por otra parte, el promedio de talla de los peces capturados fuera del ARCAA se ha reducido de unas 80 libras en 1971-1975, aproximadamente a 58 libras en 1977-1982 (Figura 49). Puede que esto se deba al aumento en la mortalidad por pesca, pero puede que sea también debido a los cambios en los métodos de pesca, es decir, se pescan más cardúmenes asociados con objetos flotantes y menos cardúmenes asociados con delfines. Como 58 libras es casi el peso óptimo en términos del modelo del rendimiento por recluta, como se examinó en la sección sobre el análisis de la estructura de la edad, no hay necesidad de limitar la captura fuera del ARCAA a no ser que se pueda demostrar que la captura de los peces en esa zona reduce el reclutamiento en el ARCAA. En todo caso, la pesca en la zona fuera del ARCAA debe supervisarse muy de cerca para analizar estas varias posibilidades.

## **BARRILETE**

Las capturas mundiales de barrilete exceden las de cualquier otra especie de atún, esto se puede aplicar también, en general, al Océano Pacífico. La captura de barrilete en el Océano Pacífico occidental excede la del Océano Pacífico oriental. El promedio anual de captura estimado en el Océano Pacífico occidental durante 1965-1972, fue de 243 mil toneladas americanas. En 1973-1980, un período en el que las maniobras de la pesca con carnada, especialmente aquellas de las embarcaciones japonesas, se esparcieron considerablemente, el promedio anual de captura estimado fue de 477 mil toneladas. Los valores correspondientes del Océano Pacífico fueron respectivamente 89 y 123 mil toneladas. En el Océano Pacífico occidental la mayoría del barrilete es capturado por embarcaciones de carnada, pero en el Océano Pacífico oriental cerca del 80 al 95 por ciento de la captura es obtenida por embarcaciones con cerco. Las embarcaciones palangreras sólo capturan pequeñas cantidades de barrilete.

Hay grandes pescas de barrilete en el Océano Pacífico nordeste, cerca a Baja California, las Islas Revillagigedo, la Isla Clipperton y en la parte sudeste del Océano Pacífico cerca a la América Central, la parte septentrional de Sudamérica, la Isla de Cocos-Banco Brito y en las Islas Galápagos. La zona de aguas muy cálidas frente a la parte meridional de México que separa las dos áreas, carece comúnmente de barrilete, pero en algunos años, como en 1956, la distribución de barrilete ha sido continua del norte a sur. En años normales, el marcado ha demostrado que existe poca mezcla de peces entre las dos zonas. La pesca de barrilete en el Océano Pacífico oriental tiende a explotarse más cerca al litoral que la del aleta amarilla. En el Océano Pacífico central hay menos pesca de barrilete cerca a las islas hawaianas y la Polinesia francesa (las islas Marquesas, Tuamotu y Sociedad). Más lejos al oeste, existen pescas más importantes de barrilete cerca al Japón, las Filipinas, Papua Nueva Guinea, las Islas Salomón, Fiji, Nueva Zelanda y muchas otras islas.

La captura de barrilete en el Océano Pacífico oriental varía considerablemente de un año a otro (Figura 50). Las capturas de la zona nordeste y sudeste se encuentran moderadamente bien correlacionadas la una con la otra, pero en algunos años, por ejemplo 1970, la captura ha sido superior al promedio en una zona e inferior en la otra. A finales de la década de los cincuenta se obtuvieron grandes capturas de barrilete al sur de los 5°S y desde esa época, hasta el comienzo de los años setenta, se obtuvieron grandes capturas de esta especie cerca a la costa, a la altura del Ecuador y al norte del Perú. Sin embargo, parece que en los últimos años, el centro de abundancia del grupo sudeste se ha cambiado a las aguas frente a Colombia y la América Central.

Es fundamentalmente importante determinar si el barrilete que aparece en el Océano Pacífico pertenece a una o más de una subpoblación y si este último es el caso, dónde aparecen las diferentes subpoblaciones en las diversas etapas de su ciclo vital y en las distintas épocas del año. Se ha estudiado este problema por medio de varios métodos que incluyen el análisis del marcado, las estadísticas de captura, el ciclo vital y los datos genéticos bioquímicos. La investigación en este campo ha sido emprendida por varias organizaciones, incluso la Comisión del Atún, la South Pacific Commission, el National Marine Fisheries Service de los EEUU y varias entidades del Japón. En un comité de biólogos pesqueros y de geneticistas, patrocinados por la South Pacific Commission en 1980, se examinaron los resultados apropiados de investigación para solucionar este problema. Estos resultados de investigación se sumaron en el Informe Anual de 1981, de la CIAT. Se consideraron tres modelos para describir la estructura de la población del barrilete en el Océano Pacífico en el grupo de trabajo antes mencionado.

La hipótesis panmixia establece que todo el barrilete en el Océano Pacífico pertenece a una sola población en la que cada pez tiene la misma probabilidad de hibridación con cualquier otro pez de la población.

La hipótesis de gradación establece que no existen subpoblaciones separadas de barrilete en el Océano Pacífico, pero existe aislamiento debido a la distancia, es decir, la probabilidad de hibridación de dos peces indeterminados es una función inversa de la distancia del uno al otro. Los individuos en los límites finales de la distribución se encuentran genéticamente semiaislados el uno del otro.

La hipótesis de la subpoblación separada establece que existen en el Océano Pacífico otras dos subpoblaciones de barrilete genéticamente diferentes. La identidad genética de las subpoblaciones se mantiene por algún mecanismo que evita la hibridación de las varias subpoblaciones, como es el mantenimiento de la integridad del cardumen desde el nacimiento hasta la reproducción, o existe alguna costumbre por la que los peces regresan a zonas separadas de reproducción o en las que el desove de las diferentes subpoblaciones ocurre en diferentes épocas del año.



Al considerar toda la información utilizable, los participantes en el comité de la SPC concluyeron que:

1. La hipótesis panmixia es inadmisibles porque aunque hay mezcla de peces entre las diferentes zonas, la mayoría de los peces marcados que fueron recapturados se habían desplazado sólo a distancias relativamente cortas de las localidades donde se habían liberado.

2. La hipótesis de gradación, que incluye los factores de dispersión, regreso y selección natural, es una alternativa razonable con referencia a la hipótesis de la subpoblación separada, formulada en el pasado, pero los datos utilizables no permiten que se haga una selección razonable entre estas dos hipótesis y el apoyo incondicional ya sea de una u otra sería prematuro e injustificado.

Los participantes en el comité acordaron, en general, que se necesitaban más datos sobre el desove y los primeros estadios del ciclo vital del barrilete si se deseaba avanzar en este campo.

El personal de la Comisión opina que los principales resultados obtenidos por el comité de la SPC son correctos, es decir, que los datos no permiten una selección razonable entre la hipótesis de gradación y aquella de la subpoblación y que se necesitan más datos sobre la reproducción y los primeros estadios del ciclo vital del barrilete. Sin embargo, se cree que la adquisición de otras muestras genéticas y bioquímicas en estratos seleccionados de tiempo-zona y otros análisis de todos los datos pueden proveer más conocimiento en este campo.

Los modelos generales de producción han sido descritos anteriormente en la sección del aleta amarilla. Se indicó que no se pueden aplicar los modelos de este tipo a no ser que los peces de los que se trata, pertenezcan a una población distinta, es decir, debe existir relativamente poco intercambio entre los peces que habitan la zona que se está considerando, en este caso el Océano Pacífico oriental y aquellos en otras zonas en las que la especie susodicha es explotada. Suponiendo que se puedan aplicar dichos modelos, si se ha de descubrir ese caso, las perturbaciones causadas por las fluctuaciones en las condiciones ambientales no deben ser tan grandes como para ocultar los cambios en la abundancia aparente, causados por las fluctuaciones del esfuerzo de pesca y se deben tener datos de captura, esfuerzo y de la CPUE en una amplia escala de niveles del esfuerzo de pesca, incluyendo preferiblemente los niveles del lado de la curva de la sobre-pesca.

No se satisface la primera condición en lo referente al barrilete del Pacífico oriental, ya que aparentemente son de la progenie de los peces que se reproducen en el Pacífico central, occidental o en ambos, conforme se examina en el capítulo titulado Marcado de Atún. Consecuentemente, se pueden determinar mejor las cantidades capturadas en el Pacífico oriental por las porciones de juveniles nacidos en el Pacífico central u occidental que se desplazan al Pacífico oriental,

que por la abundancia de juveniles en esa o esas zonas. Siendo este al caso, no es posible efectuar actualmente un estudio definitivo de esta naturaleza.

Se ha realizado una investigación en modesta escala durante varios años, para determinar las consecuencias que tienen las condiciones ambientales sobre el barrilete con referencia a su abundancia, disponibilidad y vulnerabilidad a la captura en el Océano Pacífico oriental. Uno de estos estudios, descrito en los informes anuales de la Comisión desde 1979 a 1981, incluye el análisis de la relación entre la abundancia aparente del barrilete en su segundo año de vida en el Océano Pacífico oriental y (1) la zona variable del Océano Pacífico entre los 130°W y 180° con una temperatura superficial de más de 82°F (27.8°C), (2) el promedio de temperatura de la superficie del mar en la zona designada entre los 135°W y 180° entre la media mensual de los límites latitudinales de la isoterma de los 82°F en cada hemisferio y (3) el índice de la mezcla del viento en esta zona designada (el índice es la velocidad promedio del viento al cubo, que es aproximadamente proporcional al grado de mezcla causado por el viento en las capas superiores del océano). Estas tres variables se encuentran relacionadas entre sí. Cuando los vientos en el Pacífico central tropical son más fuertes, la cantidad de mezcla y el afloramiento ecuatorial tienden a ser superiores, las temperaturas de la superficie del mar son más bajas y más pequeña la zona de más de 82°F; cuando los vientos son más débiles, se produce menos cantidad de mezcla y menos afloramiento ecuatorial, la temperatura de la superficie del mar es más elevada y la zona de más de 82°F es más extensa.

Se realizaron los dos primeros análisis porque existe una correlación positiva entre la temperatura y el porcentaje de aparición de las larvas de barrilete en arrastres de redes de zooplancton y se pensó que puede haber más desove o más sobrevivencia de larvas en los años cálidos. Se realizó el tercer análisis, ya que la sobrevivencia de las larvas de barrilete puede depender del grado de mezcla de las capas superiores del océano. Las investigaciones realizadas por el NMFS Southwest Fisheries Center de La Jolla, indican que en la Corriente de California, aparecen concentraciones apropiadas de alimento en grupos y estratos bien definidos, que sirven como primer alimento para las larvas de anchoveta. El afloramiento y la mezcla obstruyen los estratos y dispersan los organismos alimenticios, así que muchas de las larvas no pueden obtener suficiente alimento para sobrevivir. Parece que las fuertes generaciones de anchoveta, en su etapa larval, se asocian a los vientos débiles y viceversa. Se pensó que esto ocurriría también en las zonas de desove del barrilete en el Pacífico central. Se encontró en todos los casos una relación estadísticamente significativa, pero la mejor relación se encontró entre el barrilete y el índice de la mezcla del viento, ya que este índice es responsable por el 72 por ciento de la variabilidad en la abundancia aparente del barrilete en su segundo año de vida en el Pacífico oriental.

Además, se están realizando investigaciones sobre si existe la posibilidad de una relación entre la abundancia aparente del barrilete en su segundo año de vida en el Pacífico oriental y la fuerza de la Contracorriente Ecuatorial del Norte

y la Ecuatorial del Sur que fluyen hacia el este, porque se podría esperar que cuando estas corrientes son inusualmente fuertes, los peces jóvenes sean transportados al Pacífico oriental en mayores cantidades y cuando son más débiles que lo normal, los peces jóvenes sean transportados allí en menores cantidades si es que realmente emplean estas corrientes en sus migraciones. En general, los resultados obtenidos por los investigadores de la Comisión, cuando han intentado relacionar la abundancia aparente del barrilete con las condiciones ambientales, no son tan satisfactorios como se desearía, pero podrían resolverse tal vez algunos de los problemas, si se pudieran realizar los estudios biológicos y estadísticos de la Comisión en todas las unidades de población que contribuyen a la pesca en el Pacífico oriental, en lugar de sólo una porción de éste (o éstas) que habita(n) el Océano Pacífico oriental durante parte del ciclo de su vida.

Se tienen datos útiles de captura, esfuerzo y de la CPUE de algunas porciones de las unidades de la población, pero no de otras. Además, existe el problema de separar las capturas de los peces de las unidades de la población que contribuyen a la pesca en el Pacífico oriental de aquellas que no lo hacen.

A pesar de los problemas antes mencionados, se ha tratado de comparar el esfuerzo y la CPUE del barrilete en el Océano Pacífico oriental. El esfuerzo de pesca ha aumentado en los últimos años, debido al incremento en la capacidad de la flota. Sin embargo, esto aparentemente no ha agotado el recurso, ya que se han obtenido algunas de las capturas totales más grandes durante los últimos años. La CPUE de los cerqueros y el esfuerzo en el ARCAA, normalizado a unidades de la clase 3 de arqueo (embarcaciones de 101 a 200 toneladas de capacidad), se presentan en la Figura 51. No parece existir una relación significativa. Sin embargo, existe la posibilidad de que tal relación se encuentre oculta por la naturaleza de la pesca. Por ejemplo, en diferentes años, la disponibilidad del barrilete puede aplazarse, pero la cantidad de esfuerzo encauzado hacia esa especie puede ser proporcional a su disponibilidad, lo que da como resultado que la CPUE sea aproximadamente igual en cada año. Puede que este sea el caso, si en los años de gran disponibilidad se encontrara el barrilete en más zonas que en los años de poca disponibilidad, pero la densidad de los peces en las zonas fue casi igual durante todos los años. Actualmente, los datos ofrecen poca o ninguna evidencia de que este fenómeno pueda ocultar la relación entre la abundancia del barrilete y el esfuerzo de pesca, pero se seguirá examinando esta cuestión como parte de los extensos estudios de la Comisión sobre el esfuerzo de pesca y la CPUE como índice de la abundancia.

La clase de datos que se utilizan para los modelos de la estructura de la edad y la teoría sobre la que se basan estos modelos se examinan anteriormente en el capítulo del aleta amarilla.

La composición de talla de las muestras de barrilete obtenidas en el Area Reglamentaria de la Comisión del Aleta Amarilla (ARCAA) desde 1967 a 1982, se presenta en la Figura 52. Son evidentes las diferencias entre los años. La inciden-

cia de peces de más de 55 cm (unas 7.8 libras) fue superior en 1971-1973 e inferior en 1978-1982. El peso promedio de los peces capturados en 1981, es el más bajo del período 1967-1982.

El estudio del rendimiento por recluta, relativo al modelado de la estructura de la edad, ha sido discutido anteriormente con referencia al aleta amarilla. La situación del barrilete es algo diferente, ya que la pérdida natural del aleta amarilla consiste sólo en la mortalidad natural, en cambio, la del barrilete consiste tanto en la mortalidad natural como en el desplazamiento al Pacífico central y occidental. Se calcula que el índice anual combinado de la mortalidad natural y del desplazamiento del barrilete según los datos de la frecuencia de talla y del marcado, es cerca del 90% anualmente, en comparación al 55% del aleta amarilla, correspondiente a la mortalidad natural.

El índice de crecimiento del barrilete ha sido también estimado según los estudios de los datos de la frecuencia de talla y por la devolución de marcas. En comparación al aleta amarilla, es mucho más difícil seguir la progresión de los grupos modales, ya que la longitud modal varía erráticamente de un mes a otro. El reclutamiento en el Pacífico central y el desplazamiento en dirección opuesta, es evidentemente la mayor causa de esto, pero parece además, que la vulnerabilidad de los grupos de peces de diferentes talla, varía considerablemente de un mes a otro en el Océano Pacífico oriental. Los datos del marcado son también útiles a este respecto, pero la mayoría de las recapturas son de peces que han estado en libertad sólo poco tiempo y, por consiguiente, son de valor limitado. Estos estudios que se han examinado más detalladamente en el capítulo de este informe titulado Marcado de Atún, indican que el índice de crecimiento es más de 1 mm por día para los peces que miden 40 cm y que se reduce al aumentar la talla, es decir es inferior a 1 mm por día para los peces que miden de 45 a 64 cm.

En la Figura 53, se presenta la relación estimada entre la talla de entrada, el esfuerzo de pesca y el rendimiento por recluta. Se han integrado las estimaciones del personal de la Comisión sobre el crecimiento del barrilete, la mortalidad natural más el desplazamiento y la mortalidad por pesca, para obtener los cálculos que forman la base de esta figura. El recuadro superior está basado en la estimación de los índices de la mortalidad por pesca a edad específica de los datos de la frecuencia de talla obtenidos desde 1967 a 1969, el recuadro del medio se basa en los índices estimados de los datos obtenidos desde 1971 a 1973, y el recuadro inferior se basa en los índices estimados de los datos obtenidos desde 1975 a 1977. Los valores en la escala horizontal son los múltiplos del esfuerzo de pesca durante los años mencionados, es decir, 0.5, 1.0 y 2.0 en el recuadro superior, representan los valores del esfuerzo, la mitad de, igual a y el doble de los valores actuales del esfuerzo de 1967 a 1969. Varias combinaciones del esfuerzo de pesca y de la talla de entrada proveen varios rendimientos por recluta que se presentan mediante curvilíneas. Por ejemplo, si la talla de entrada se fija en 40 cm (unas 2.7 libras) el rendimiento por recluta con un multiplicador

de 1 es entre 1.00 y 1.10 libras en el primer recuadro y entre 0.75 y 1.00 libras en el segundo y tercer recuadro. En general, el rendimiento por recluta es más elevado con una talla de entrada de 35 cm (cerca de 1.7 libras) y un esfuerzo de pesca considerablemente más elevado de lo que ha sido el caso hasta ahora en el Océano Pacífico oriental. Esto se debe a que las pérdidas en el peso total de una generación de peces debida a la mortalidad natural y al desplazamiento, exceden las ganancias que resultan del crecimiento, aunque los peces midan sólo 35 cm y suponiendo que crecen rápidamente.

Ni los modelos generales de producción, ni los de la estructura de la edad aplicados hasta ahora, indican que haya necesidad de controlar la pesca de esta especie. Los últimos modelos indicaron que el rendimiento máximo por recluta de barriletes juveniles en el Océano Pacífico oriental, puede obtenerse al pescar tanto como sea posible ejemplares de más de 35 cm. Esto concebiblemente, puede reducir el reclutamiento en los próximos años, pero según los datos del esfuerzo y de la CPUE, no se ha demostrado que éste sea el caso.

Como se indicó anteriormente, la administración debe abarcar todos los segmentos de una población individual, en lugar de sólo una parte de la población, una mezcla de varias poblaciones o una mezcla de segmentos de varias poblaciones. Por consiguiente, es muy importante determinar si el barrilete que aparece en el Océano Pacífico pertenece a una o más de una subpoblación y, si este último es el caso, dónde aparecen las diferentes subpoblaciones en las diversas etapas de su ciclo vital y durante las diferentes épocas del año. La Comisión del Atún ha aumentado recientemente el marcado de barrilete en el Océano Pacífico oriental y ha realizado experimentos de marcado en la Polinesia francesa. Varias otras organizaciones, especialmente la Comisión del Pacífico Sur, han marcado barrilete en grandes cantidades en el Océano Pacífico central y occidental en los últimos años. Además, varias organizaciones se están esforzando en obtener mejores datos sobre la captura del barrilete y del esfuerzo aplicado a esta especie en el Pacífico central y occidental. Cuando estos estudios se encuentren más avanzados, puede que sea posible determinar mejor la condición de la unidad o unidades de la población del barrilete en el Océano Pacífico con respecto a la pesca.

Durante varios años los investigadores de la Comisión han estado estudiando varios aspectos de la biología del barrilete, especialmente las consecuencias del ambiente. Se están analizando actualmente los datos y se espera que en 1983, se termine un estudio importante sobre este tema. La información incluida en este estudio será útil para evaluar la condición del barrilete en el Océano Pacífico oriental y para planear otros estudios.

#### **ATUN ALETA AZUL DEL NORTE (*Thunnus thynnus*)**

En el Informe Anual de la CIAT de 1979, se presentó un modelo preliminar en el que se describió el ciclo vital del atún aleta azul del norte (*Thunnus*

*thynnus*]. Es evidente según este informe, que es necesario obtener muchos más datos sobre varias de las fases del ciclo vital y de la pesca de esta especie.

Se terminó recientemente y se publicó en el Boletín Vol. 18. No. 2 un estudio sobre la pesca del *T. thynnus* en el Pacífico oriental. Con este propósito se reunieron y analizaron los datos de las capturas de esta especie por zona, fecha, clase de arqueo de los barcos, magnitud de los cardúmenes, tipo de cardumen, etc. Se necesitan informes de esta clase, si se desea obtener conocimiento sobre la dinámica de la población de esta especie.

Se debe determinar si existe o no, más de una subpoblación de *T. thynnus* en el Océano Pacífico. La CIAT está actualmente realizando estudios de esta naturaleza (por contrato) sobre esta especie en el Océano Atlántico y se espera poder idear técnicas que puedan emplearse en el *T. thynnus* del Océano Pacífico. Será necesario preparar una historia de cada generación. Esta debe incluir, idealmente, para cada generación, estimaciones de la cantidad de peces reclutados en la pesca epipelágica del Pacífico occidental, la cantidad capturada cada año en esta región, la cantidad que se desplaza cada año al Pacífico oriental, la cantidad capturada cada año en esa región, la cantidad que emigra cada año del Pacífico oriental y la cantidad capturada anualmente por la pesca palangrera. Se pueden estimar estos datos al analizar las estadísticas adecuadas de captura, los datos de la frecuencia de la edad y de talla y los datos del marcado. Hace ya varios años que se han obtenido datos apropiados de las estadísticas de captura en la pesca epipelágica del Océano Pacífico oriental. Sin embargo, es más difícil obtener y analizar los datos de la pesca epipelágica del Pacífico occidental, ya que se combinan varias especies en las estadísticas de captura de esa zona. El Far Seas Fisheries Research Laboratory del Japón y la CIAT, están trabajando actualmente en un esquema para obtener mejores datos sobre las estadísticas de captura de la pesca epipelágica del Pacífico occidental. Cada año, desde 1952, se han obtenido los datos de la frecuencia de talla de la pesca epipelágica del Pacífico oriental y se tienen algunos datos de la frecuencia de talla y del peso de la pesca epipelágica del Pacífico occidental y de la pesca con palangre. Se tienen datos desde 1963 hasta 1969, de la frecuencia de la edad de la pesca epipelágica del Pacífico oriental. En el programa actual de muestreo de la CIAT desde 1980 a 1982, se han procesado parcialmente los datos de las escamas, otolitos, radios de las aletas y espinas, y esperamos que se pueda continuar con este programa. El proyecto actual de marcado debe suministrar la información necesaria sobre las proporciones de peces de varias edades que se desplazan de la región occidental del Pacífico a la oriental y viceversa.

Debido a la falta de información sobre esta especie, no se anticipa que en un futuro cercano se hagan recomendaciones para controlar su pesca en el Pacífico oriental.

**APPENDIX I – APENDICE I****STAFF\* – PERSONAL\***

James Joseph, Ph.D (Washington)  
 Director of Investigations – Director de Investigaciones

Clifford L. Peterson, B.S. (Washington)  
 Assistant Director – Subdirector

**SCIENTIFIC – CIENTIFICO****Senior Scientists – Científicos principales**

William H. Bayliff, Ph.D. (California)  
 Biology – Biología

John R. Calaprice, Ph.D. (California)  
 Biology – Biología

Eric D. Forsbergh, B.A. (Harvard)  
 Biology – Biología

Joseph W. Greenough, M.S. (Washington)  
 Fisheries management – Administración pesquera

Philip S. Hammond, D. Phil. (York, England)  
 Population dynamics – Dinámica de poblaciones

Witold L. Klawe, M.A. (Toronto)  
 Biology – Biología

Jeffrey L. Laake, M.S. (Utah State)  
 Biology – Biología

Forrest R. Miller, M.A. (California)  
 Meteorology – Meteorología

Craig J. Orange, B.S. (Oregon State)  
 Biology: statistics – Biología: estadísticas

George Schumann, Ph.D. (Hamburg)  
 Biology – Biología

Patrick K. Tomlinson, B.S. (Humboldt State)  
 Biology: population dynamics – Biología: dinámica de poblaciones

Alexander Wild, Ph.D. (British Columbia)  
 Biology – Biología

**Associate Scientists – Científicos asociados**

David A. Bratten, B.S. (San Diego State) Biology	– Biología
Thomas P. Calkins, B.S. (Washington) Biology	– Biología
Jon S. Cole, B.S. (Washington) Biology	– Biología
Kenneth R. Feng, B.S. (Yenching) Biology: statistics	– Biología: estadísticas
Terry J. Foreman, B.S. (San Diego State) Biology	– Biología
Milton F. López, B.S. (Rhode Island) Computer science	– Ciencia de computadoras
Ashley J. Mullen, B.A. (Warwick) Population dynamics	– Dinámica de poblaciones
Arturo F. Muhlia J., M.S. (San Diego State Univ.) Biology: computer programmer – Biología: programador de computadoras (to 31 March Hasta el 31 de marzo)	
Robert J. Olson, B.S. (Calif. Polytechnic State Univ.) Biology	– Biología
Richard G. Punsly, M.S. (Washington) Population dynamics	– Dinámica de poblaciones
Kurt M. Schaefer, B.S. (Humboldt State) Biology	– Biología
Michael D. Scott, M.A. (California) Biology	– Biología
Kao-Tai Tsai, Ph.D. (California) Statistics	– Estadísticas
Gayle Ver Steeg, B.S. (Iowa State) Computer programmer	– Programadora de computadoras
Peter C. Wussow, B.S. (Humboldt State) Biology	– Biología



**Assistant Scientists – Científicos auxiliares**

Edward H. Everett, B.S. (San Jose State)	
Biology: statistics	– Biología: estadísticas
Richard E. Irvin, B.S. (San Diego State)	
Biology	– Biología
Andris Purmalis, B.S. (Michigan)	
Biology	– Biología (Panama)
Lesly Rodriguez, B.S. (Univ. Autónoma, Nicaragua)	
Biology	– Biología
Vernon P. Scholey, B.S. (Washington)	
Biology	– Biología (Ecuador)

**TECHNICAL – TECNICO**

Javier Barandiarán, B.A.C. (Univ. Puerto Rico)	
Waterfront contact: laboratory technician	– Representante en el muelle: técnico de laboratorio
Julio Carranza	
Waterfront contact: laboratory technician	– Representante en el muelle: técnico de laboratorio
Nannette Y. Clark	
Statistical technician	– Técnica en estadísticas
Luis Dorati, B.A. (Panama)	
Scientific technician	– Técnico científico
Jere W. Earlston	
Statistical technician	– Técnico en estadísticas
Rafael A. Gaudier, B.B.A. (Univ. Puerto Rico)	
Waterfront contact: laboratory technician	– Representante en el muelle: técnico de laboratorio (Puerto Rico)
Juan A. Gracia, M.A. (Inter-Amer. Univ.)	
Waterfront contact: laboratory technician	– Representante en el muelle: técnico de laboratorio (Puerto Rico)
Rafael Guillén	
Fishing gear technologist (to 28 February)	– Técnico en artes pesqueras Hasta el 28 de febrero)

William W. Hatton, B.A.S. (Miami Univ.)

Waterfront contact: laboratory technician

– Representante en el muelle: técnico de laboratorio  
(Ensenada, México)

C. Anibal Orbes A.

Waterfront contact: laboratory technician

– Representante en el muelle: técnico de laboratorio  
(Ecuador)

Sueichi Oshita

Waterfront contact: laboratory technician

– Representante en el muelle: técnico de laboratorio  
(San Pedro, California)

Raymond C. Rainey

Waterfront contact: laboratory technician

– Representante en el muelle: técnico de laboratorio

Vaughn M. Silva

Waterfront contact: laboratory technician

– Representante en el muelle: técnico de laboratorio

Robert W. Wagner

Laboratory technician

– Técnico de laboratoria

#### **ADMINISTRATIVE – ADMINISTRATIVO**

Magdalena Barandiarán

Bilingual secretary

– Secretaria bilingüe

Lucy Dupart

Technical translator

– Traductora técnica

Elizabeth J. Hubert

Switchboard operator

– Telefonista

James M. Lannon

Administrative assistant

– Ayudante administrativo

Regina A. Newman

Bilingual secretary to the Director

– Secretaria bilingüe del Director

\* All staff members at La Jolla unless otherwise noted.

\* Todo el personal de La Jolla, a no ser que se indique lo contrario.

**APPENDIX II—APENDICE II****FIGURES AND TABLES****FIGURAS Y TABLAS**

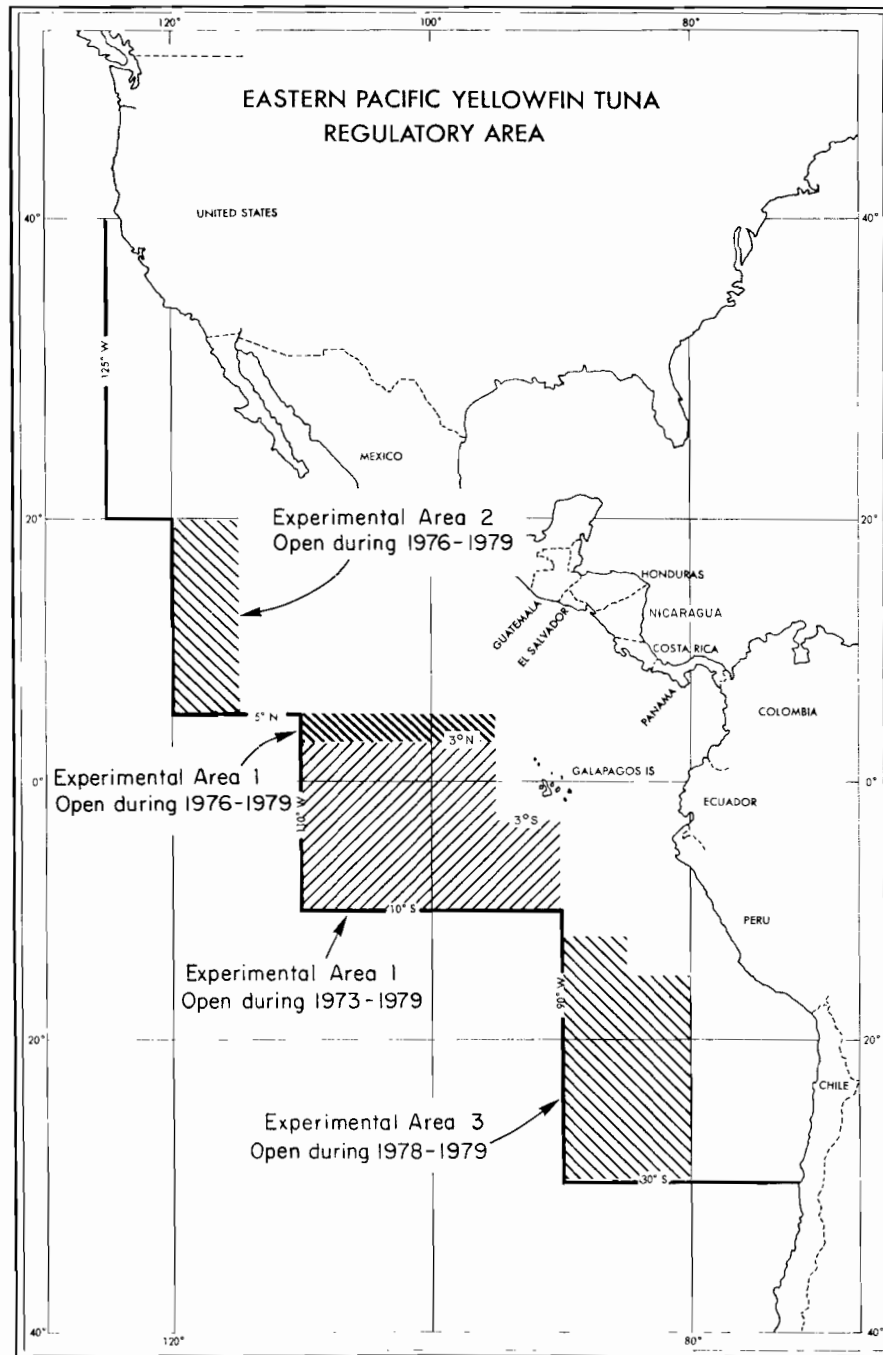
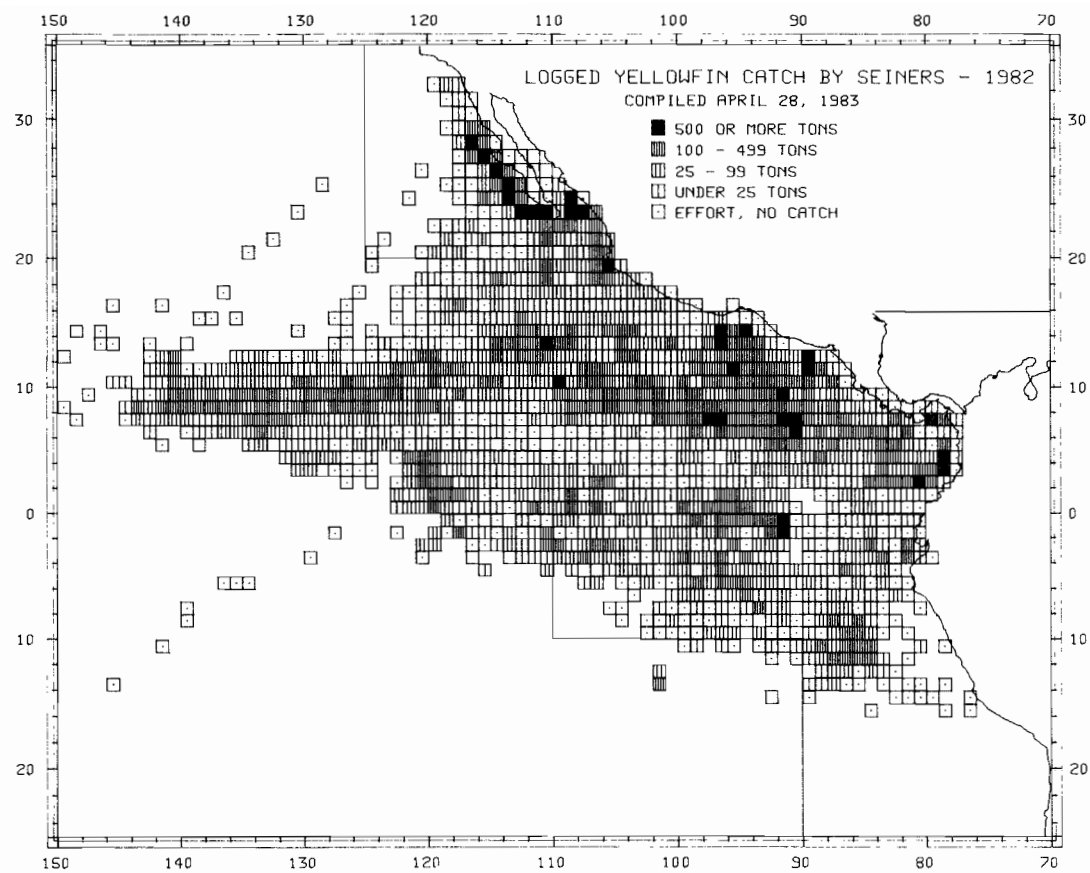


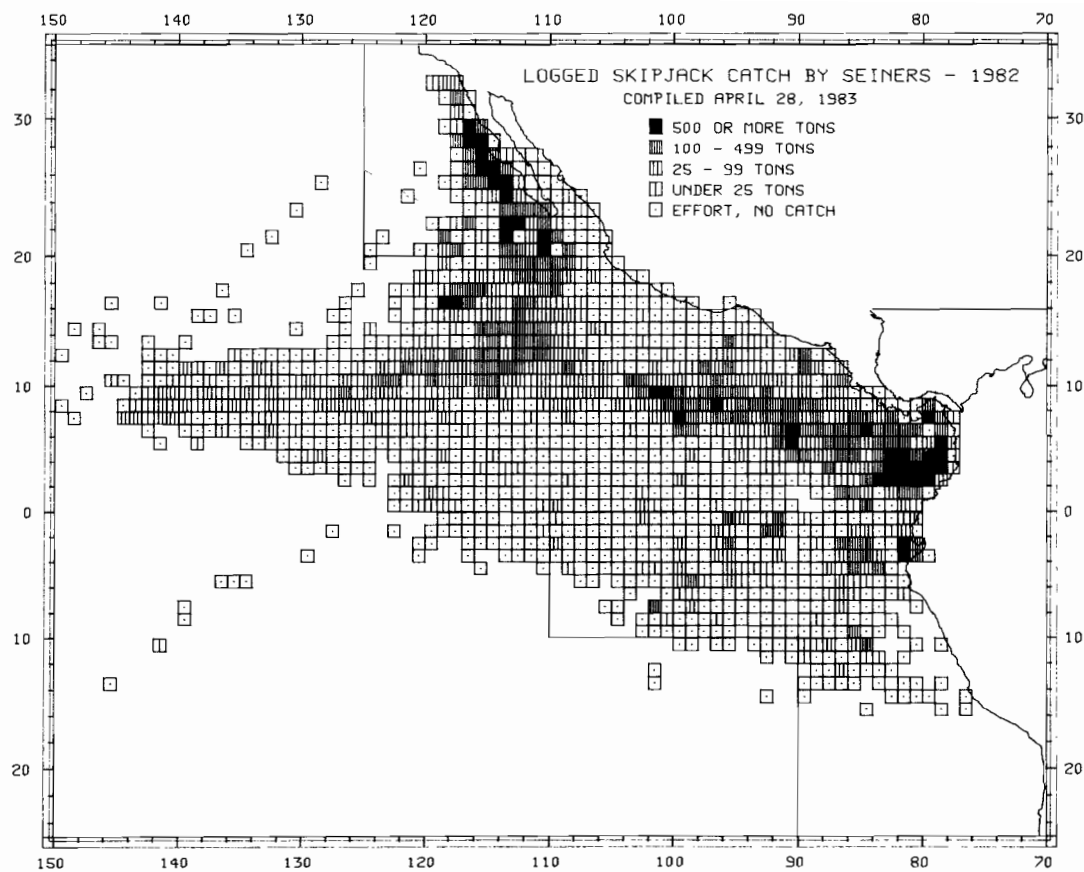
FIGURE 1. The Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA).

FIGURA 1. Área Reglamentaria de la Comisión del Aleta Amarilla (ARCAA).



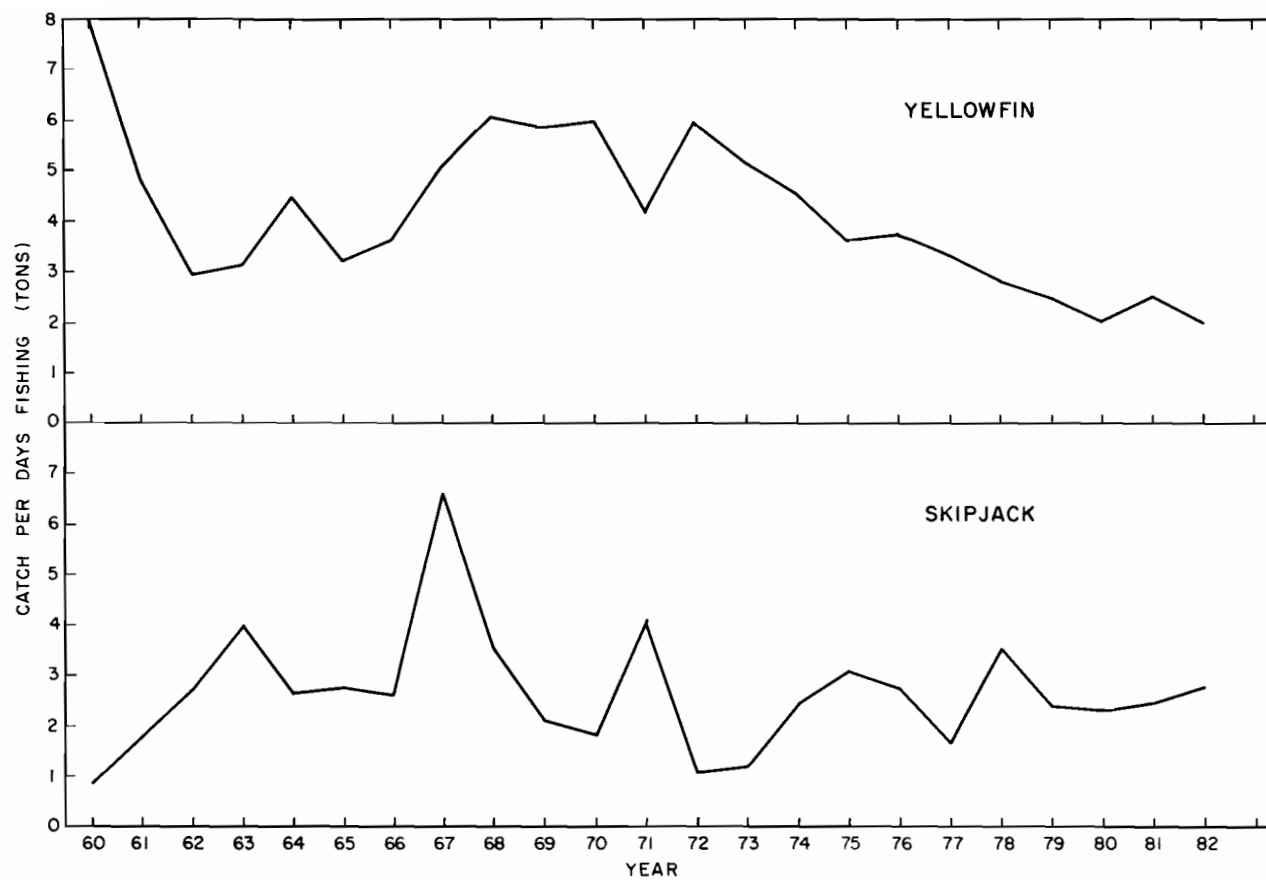
**FIGURE 2.** Catches of yellowfin in the eastern Pacific Ocean in 1982 by 1° areas for all purse-seine trips for which usable logbook data were obtained.

**FIGURA 2.** Capturas de atún aleta amarilla realizadas por cerqueros en el Océano Pacífico oriental en 1982, por zonas de 1°, correspondientes a todos los viajes en los que se obtuvieron datos útiles de bitácora.



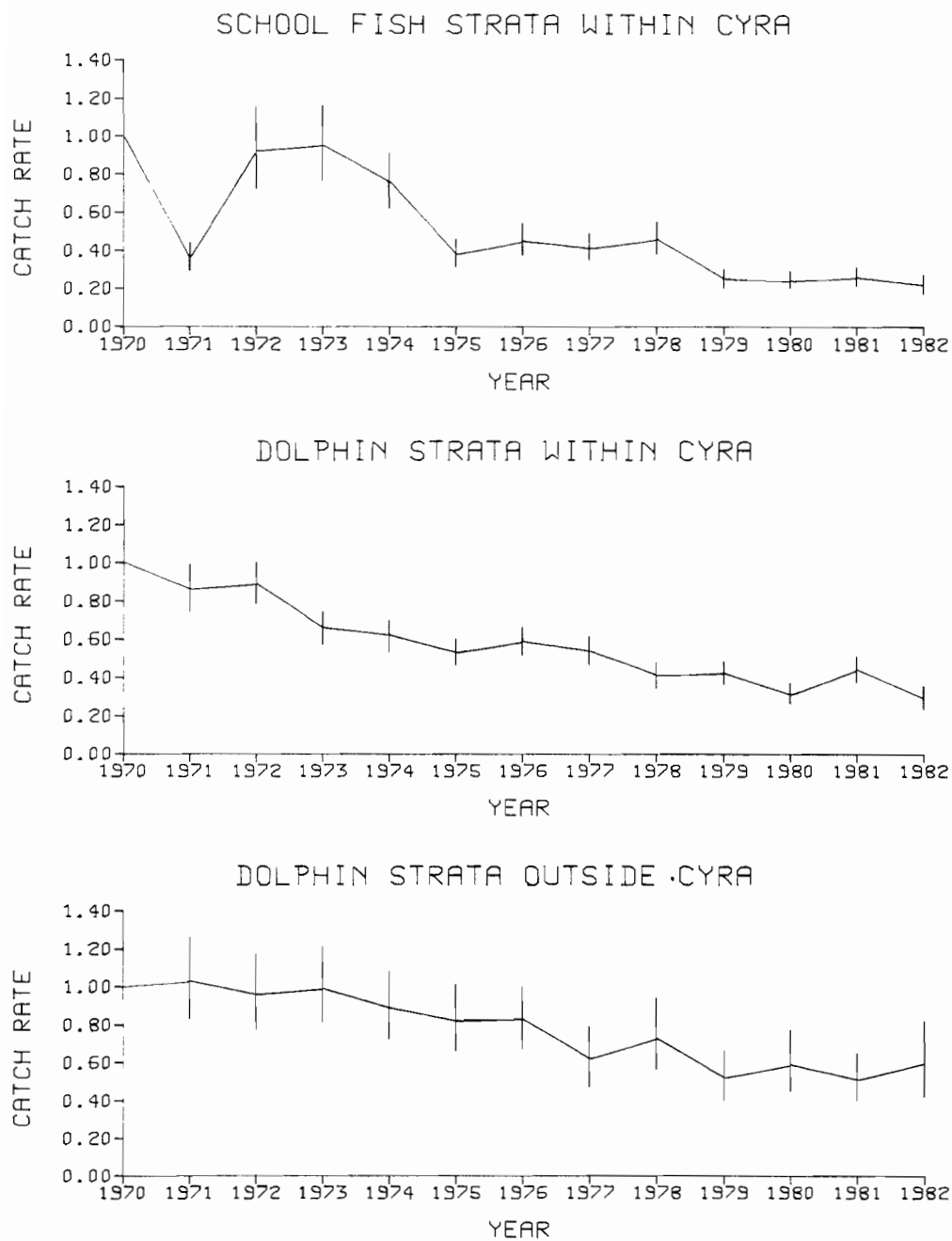
**FIGURE 3.** Catches of skipjack in the eastern Pacific Ocean in 1982 by 1° areas for all purse-seine trips for which usable logbook data were obtained.

**FIGURA 3.** Capturas de barrilete realizadas por cerqueros en el Océano Pacífico oriental en 1982, por zonas de 1°, correspondientes a todos los viajes en los que se obtuvieron datos útiles de bitácora.



**FIGURE 4.** Catch per day's fishing for yellowfin (upper panel) and skipjack (lower panel) in Class-3 purse-seine units in the CYRA during 1960-1982.

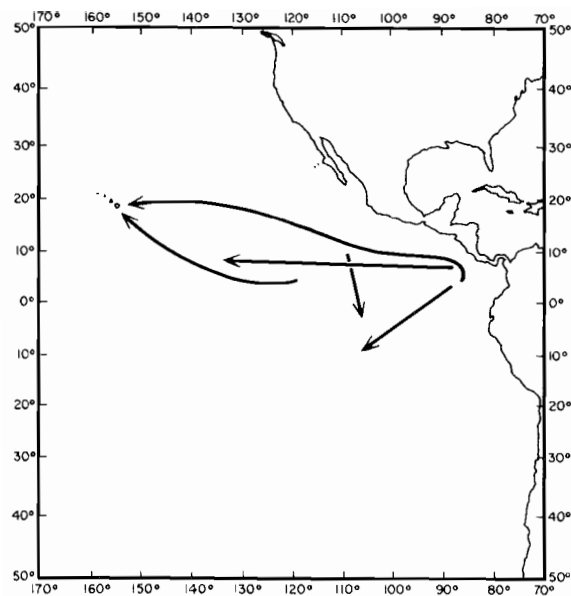
**FIGURA 4.** Captura por día de pesca del atún aleta amarilla (recuadro superior) y barrilete (recuadro inferior) durante 1960-1982, por unidades de la clase-3 de arqueado de los barcos cerqueros en el ARCAA.



**FIGURE 5.** Standardized catch rates from the linear model relative to 1970. The vertical bars are the approximate 95% confidence levels.

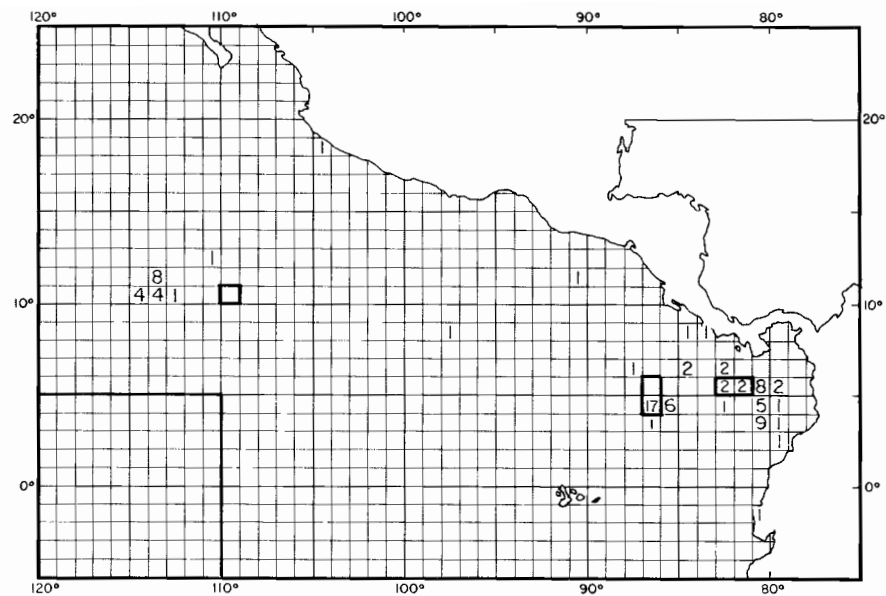
**FIGURA 5.** Indices normalizados de captura según el modelo lineal con relación a 1970. Las líneas verticales son aproximadamente los intervalos de confianza del 95%.





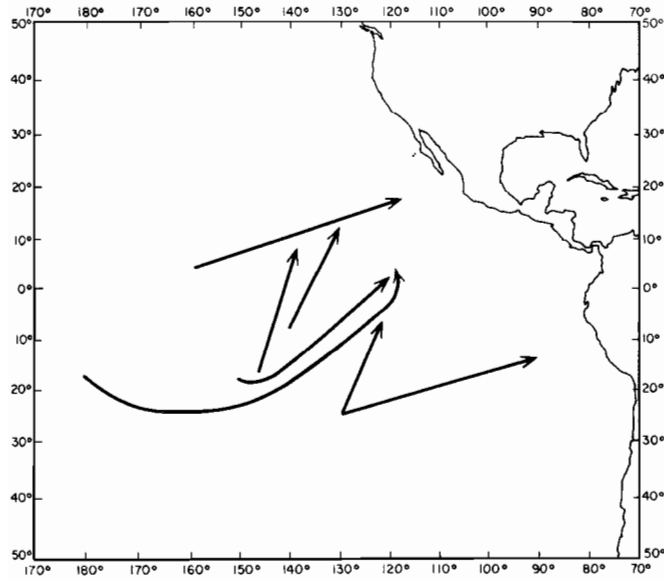
**FIGURE 6.** Migrations of five tagged skipjack released in the eastern Pacific Ocean.

**FIGURA 6.** Desplazamientos de cinco barriletes marcados y liberados en el Océano Pacífico oriental.



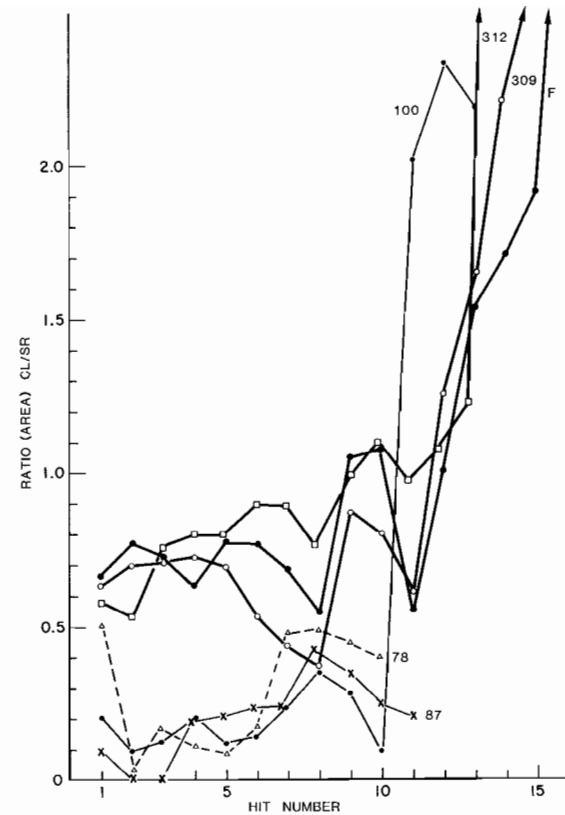
**FIGURE 7.** Areas of release (areas delineated by heavy lines) and areas of recapture (areas with numerals) for tagged black skipjack released off Central America and Clipperton Island during 1981.

**FIGURA 7.** Zonas de liberación (áreas diseñadas con líneas gruesas) y zonas de recaptura (áreas con cifras) de *Euthynnus lineatus* marcados y liberados frente a la América Central y la Isla de Clipperton en 1981.



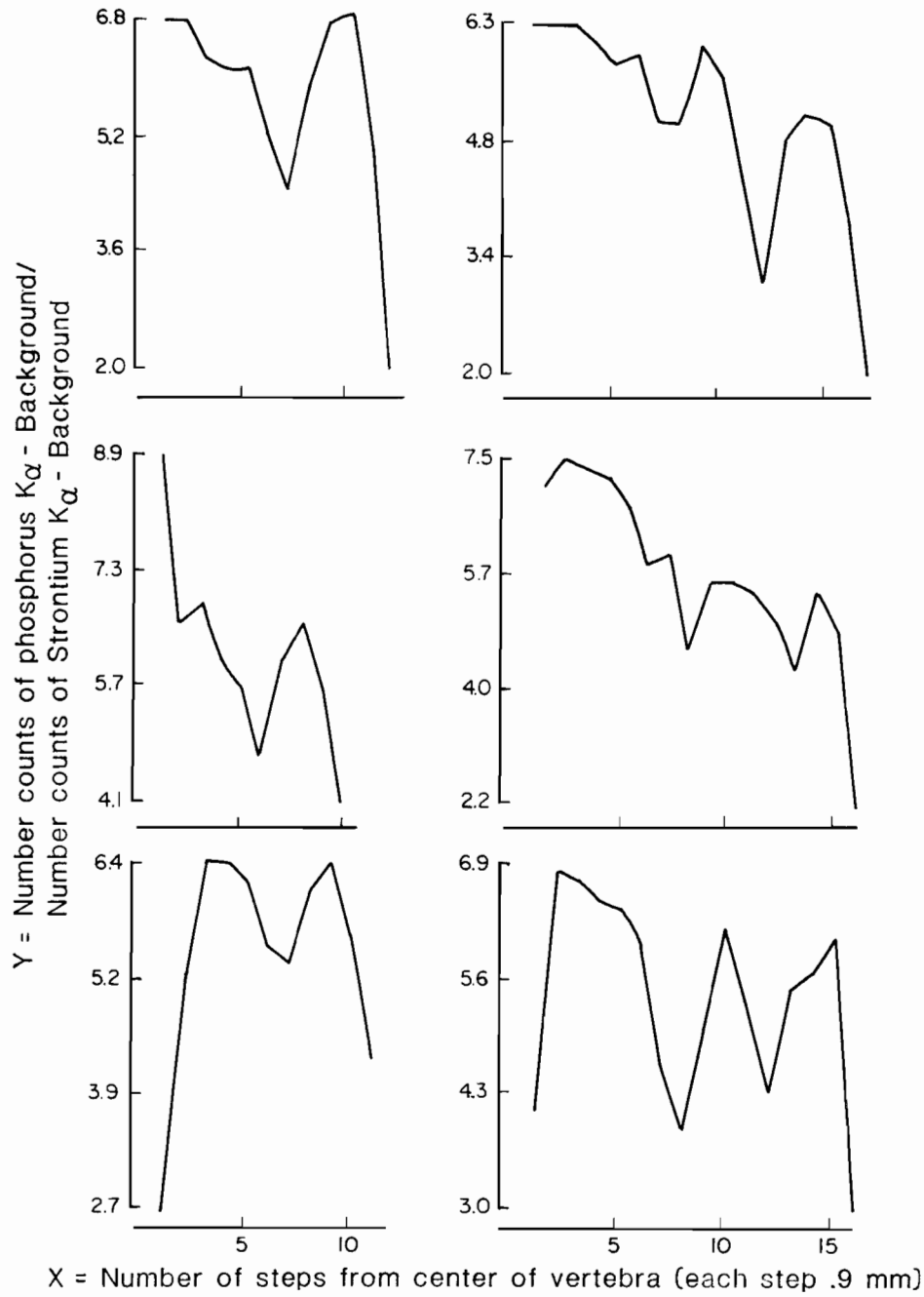
**FIGURE 8.** Migrations of seven tagged yellowfin released in the central and western Pacific Ocean and recaptured in the eastern Pacific Ocean.

**FIGURA 8.** Desplazamientos de siete atunes aleta amarilla marcados y liberados en el Océano Pacífico central y occidental, y recapturados en el Océano Pacífico oriental.



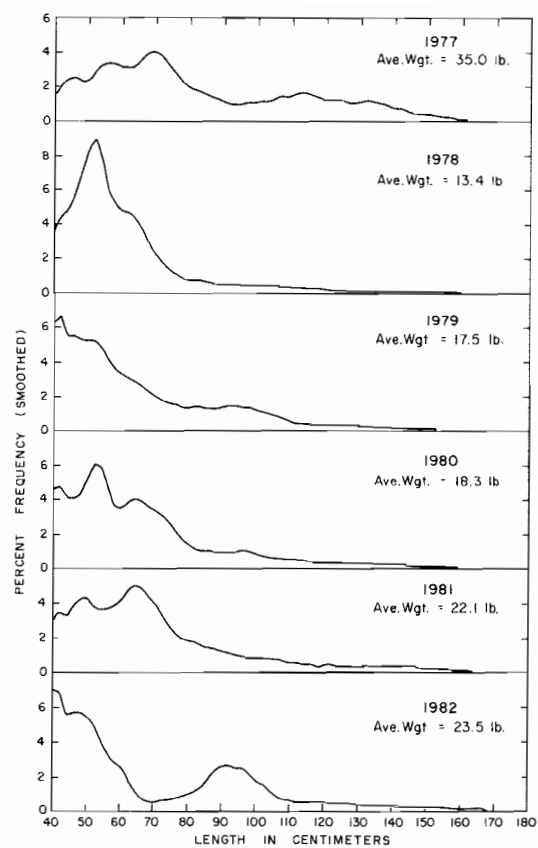
**FIGURE 9.** Sequential analyses of individual vertebrae from age-2 and -3 bluefin from the eastern (bold line) and western Atlantic. The distance between "hits" is 0.9 mm.

**FIGURA 9.** Análisis secuencial de las vértebras individuales del *Thunnus thynnus* (de edad 2 a la izquierda y de edad 3 a la derecha) del Atlántico oriental (línea gruesa) y occidental. La distancia entre los puntos del análisis es de 0.9 mm.



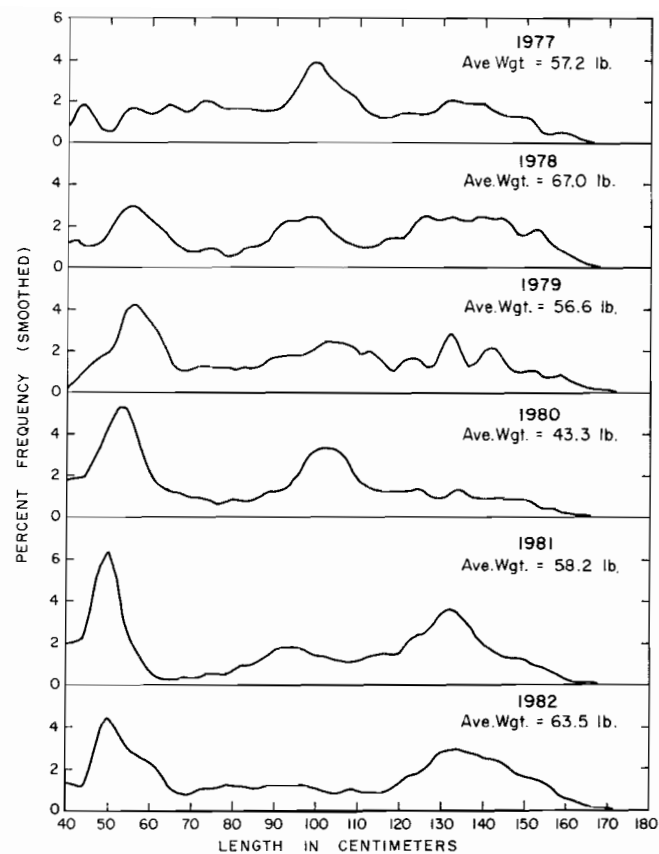
**FIGURE 10.** Plots of P/Sr ratios for six different fish believed to be ages 2 (left) and 3 (right) (see text).

**FIGURA 10.** Gráficos de las proporciones de P/Sr de 6 peces diferentes que se cree tienen 2 (izquierda) y 3 (derecha) años de edad (véase texto).



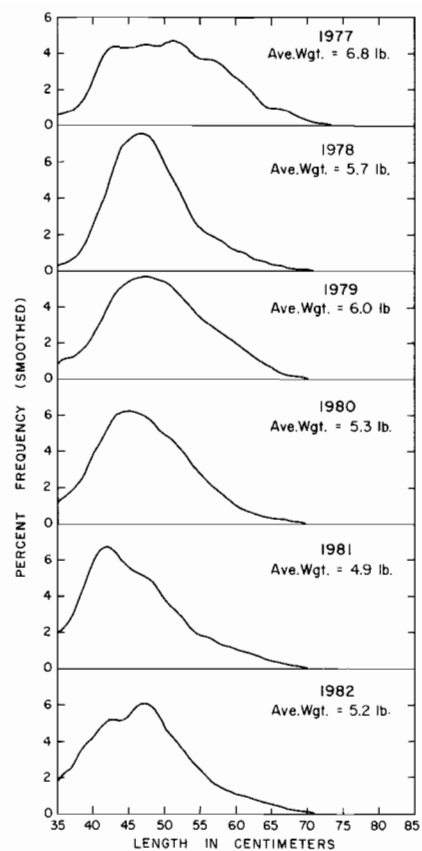
**FIGURE 11.** Yellowfin length-frequency distributions from the CYRA, 1977-1982.

**FIGURA 11.** Distribución frecuencia-talla del aleta amarilla en el ARCAA, 1977-1982.



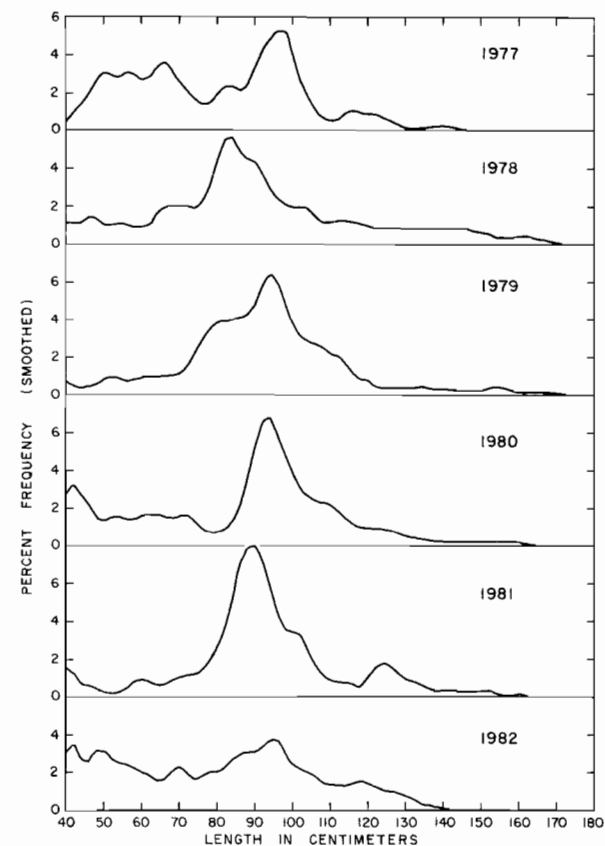
**FIGURE 12.** Yellowfin length-frequency distributions from the area between the CYRA boundary and 150°W, 1977-1982.

**FIGURA 12.** Distribución frecuencia-talla del aleta amarilla en la zona entre el límite del ARCAA y los 150°W, 1977-1982.



**FIGURE 13.** Skipjack length-frequency distributions from the Pacific Ocean east of 150°W, 1977-1982.

**FIGURA 13.** Distribución frecuencia-talla del barrilete en el Océano Pacífico al este de los 150°W, 1977-1982.



**FIGURE 14.** Bigeye length-frequency distributions from the Pacific Ocean east of 150°W, 1977-1982.

**FIGURA 14.** Distribución frecuencia-talla del patudo (*Thunnus obesus*) en el Océano Pacífico al este de los 150°W, 1977-1982.

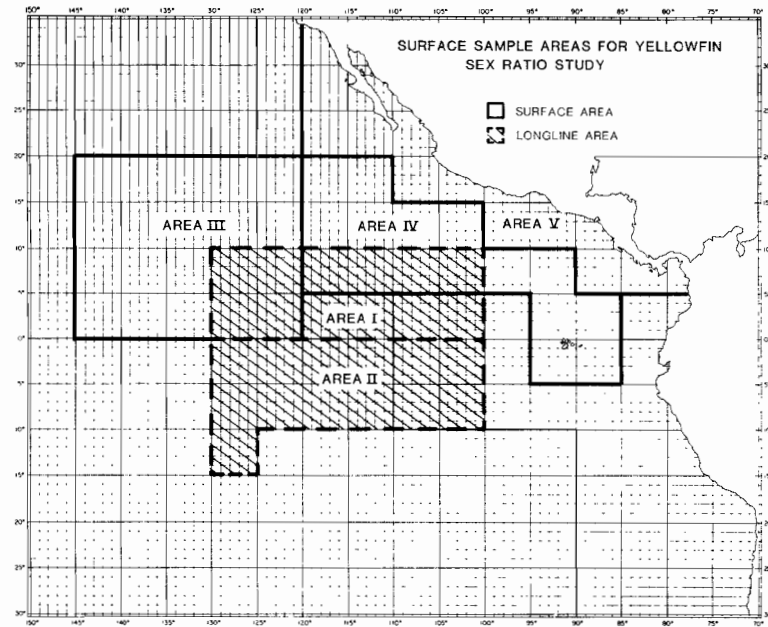


FIGURE 15. Sampling areas for yellowfin sex ratio study.

FIGURA 15. Zonas de muestreo correspondientes al estudio de la proporción de sexos del aleta amarilla.

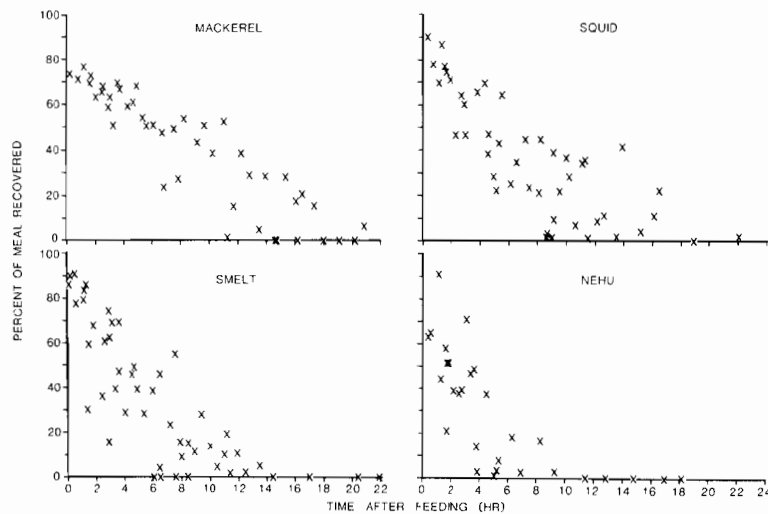
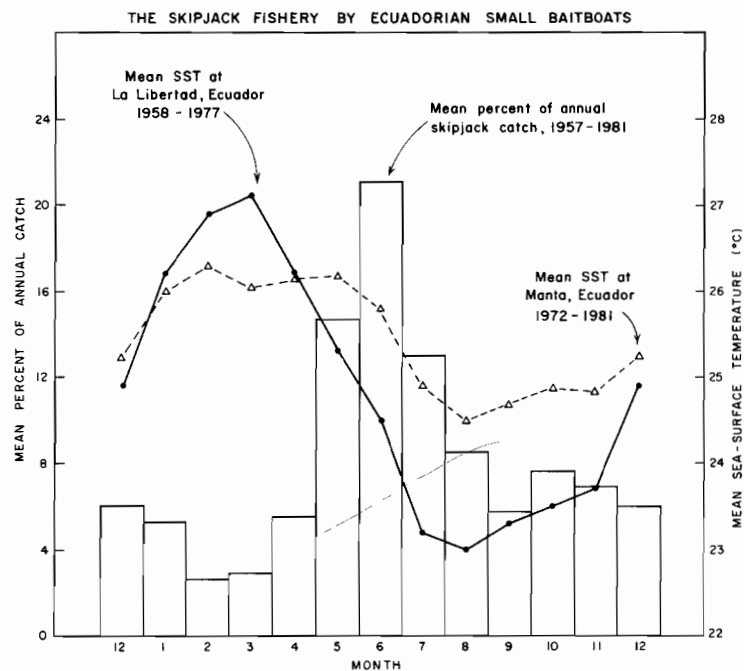


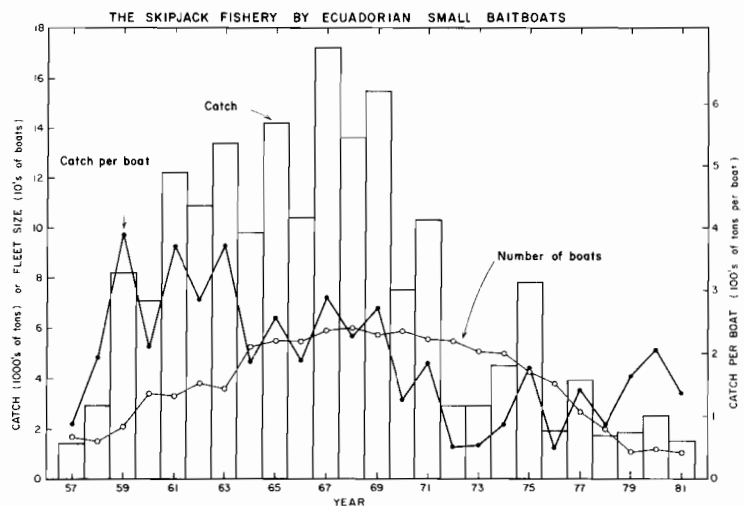
FIGURE 16. Results of gastric evacuation experiments with captive yellowfin in which the percentage of a meal of four food organisms remaining in the stomachs was measured at various intervals after feeding.

FIGURA 16. Resultados de los experimentos de la evacuación gástrica, con atunes aleta amarilla cautivos, en los que se calculó a varios intervalos después de la alimentación, el porcentaje de una comida de cuatro organismos alimenticios que permanecía en los estómagos.



**FIGURE 17.** Mean monthly percentage of annual catch of skipjack by Ecuadorian small baitboats, and mean monthly sea-surface temperatures (SST) at La Libertad, and Manta, Ecuador.

**FIGURA 17.** Porcentaje de la media mensual de la captura anual de barrilete obtenida por pequeños barcos de carnada ecuatorianos y la media mensual de las temperaturas de la superficie del mar (TSM) en la Libertad y Manta (Ecuador).



**FIGURE 18.** Annual catch of skipjack by Ecuadorian small baitboats, the number of baitboats fishing, and the catch per boat from 1957 to 1981 (from Table 14).

**FIGURA 18.** Captura anual de barrilete por pequeños barcos de carnada ecuatorianos, el número de barcos de carnada pescando y la captura por barco desde 1957 hasta 1981 (según la Tabla 14).

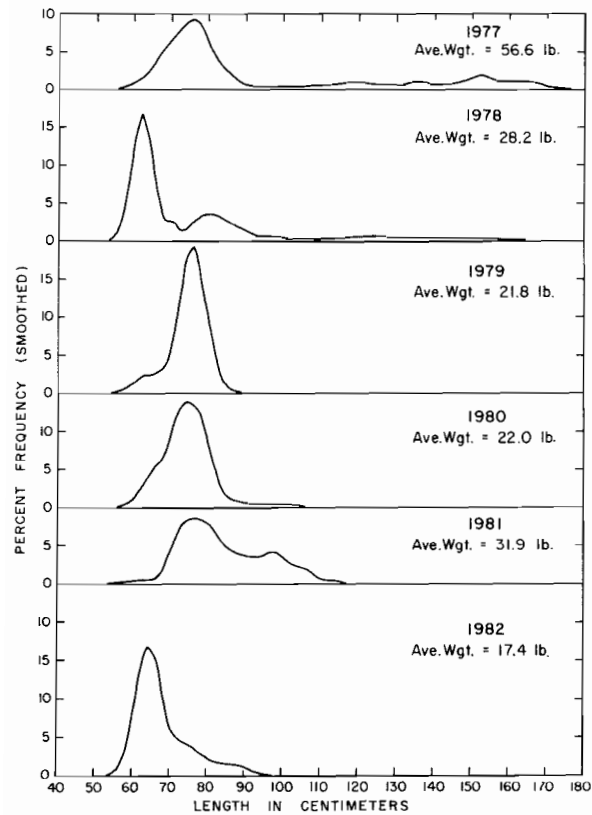


FIGURE 19. Northern bigeye length-frequency samples from the eastern Pacific Ocean, 1977-1982.

FIGURA 19. Muestras frecuencia-talla del patudo norteño (*Thunnus obesus*) en el Océano Pacífico oriental, 1977-1982.

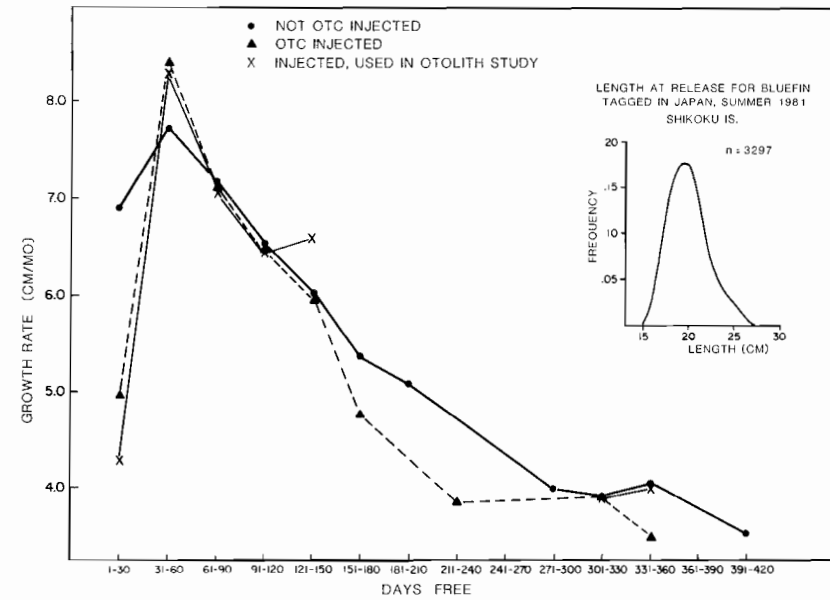
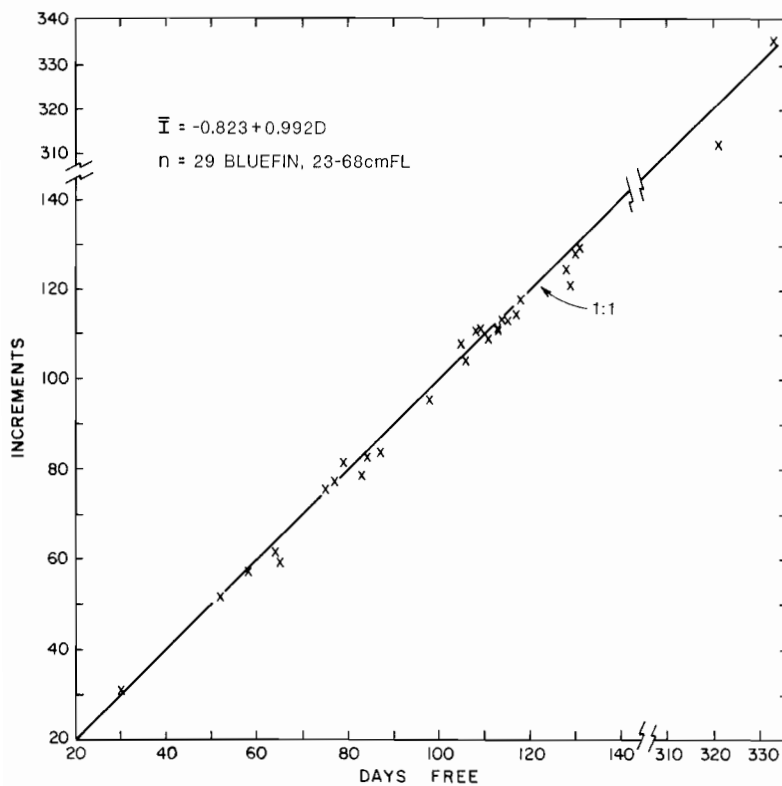


FIGURE 20. A comparison of growth rates versus days free for returns from a bluefin tagging experiment involving injection with oxytetracycline (OTC).

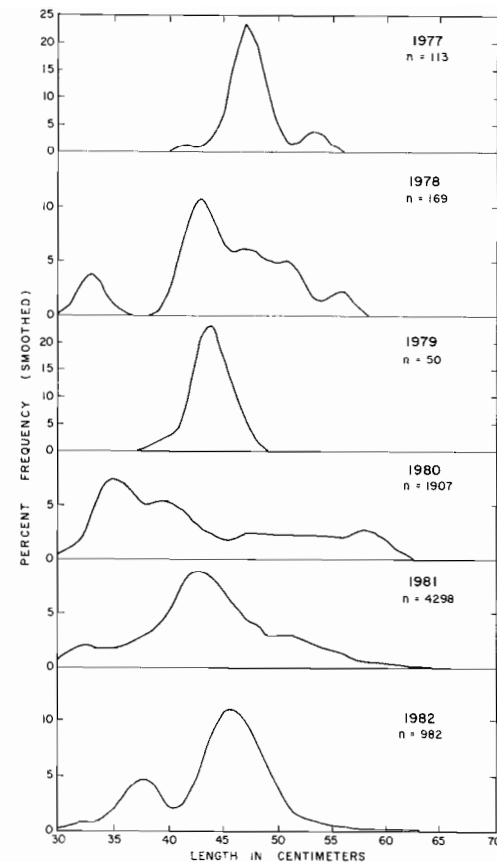
FIGURA 20. Una comparación de los índices de crecimiento versus días en libertad de recapturas de *T. Thynnus* en un experimento de marcado en el que se incluyeron inyecciones con oxitetraciclina (OTC).





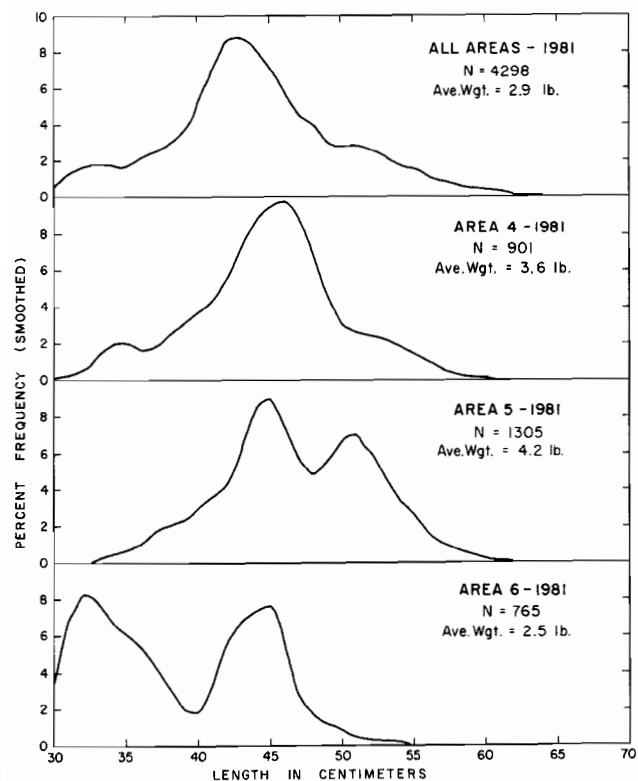
**FIGURE 21.** The relationship between mean number of increments from the OTC mark to the edge of the otolith and the number of days the tagged bluefin was free.

**FIGURA 21.** Relación entre la media del número de incrementos desde la marca de OTC hasta el borde del otolito y el número de días en que el *T. thynnus* marcado estuvo en libertad.



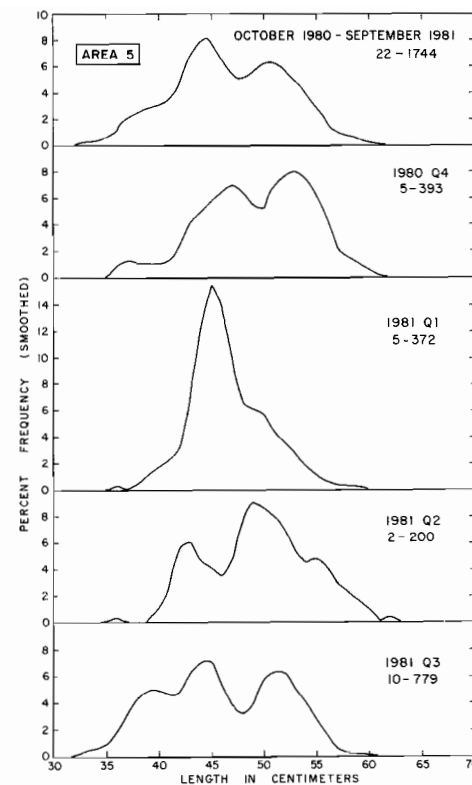
**FIGURE 22.** Length-frequency distributions of black skipjack samples in the CYRA, 1977-1982.

**FIGURA 22.** Distribución frecuencia-talla de las muestras de *Euthynnus lineatus* en el ARCAA, 1977-1982.



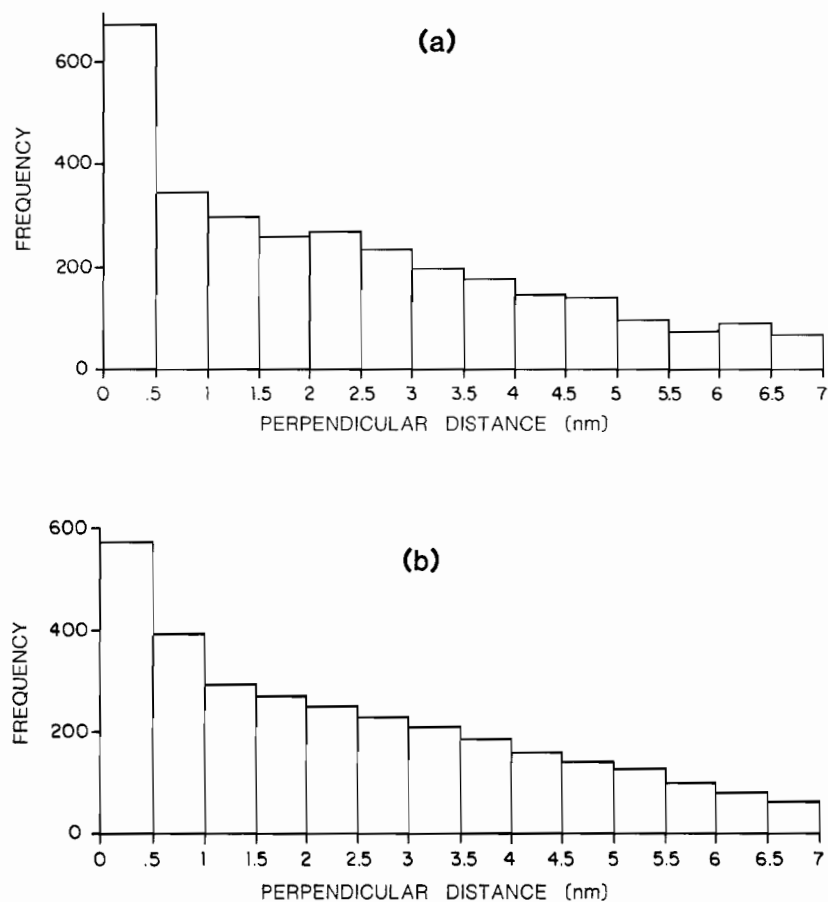
**FIGURE 23.** Length-frequency distributions of black skipjack samples in the CYRA in 1981 for all areas sampled, and for Areas 4, 5, and 6.

**FIGURA 23.** Distribución frecuencia-talla de las muestras de *E. lineatus* en el ARCAA en 1981, en todas las zonas muestreadas y las zonas 4, 5 y 6.



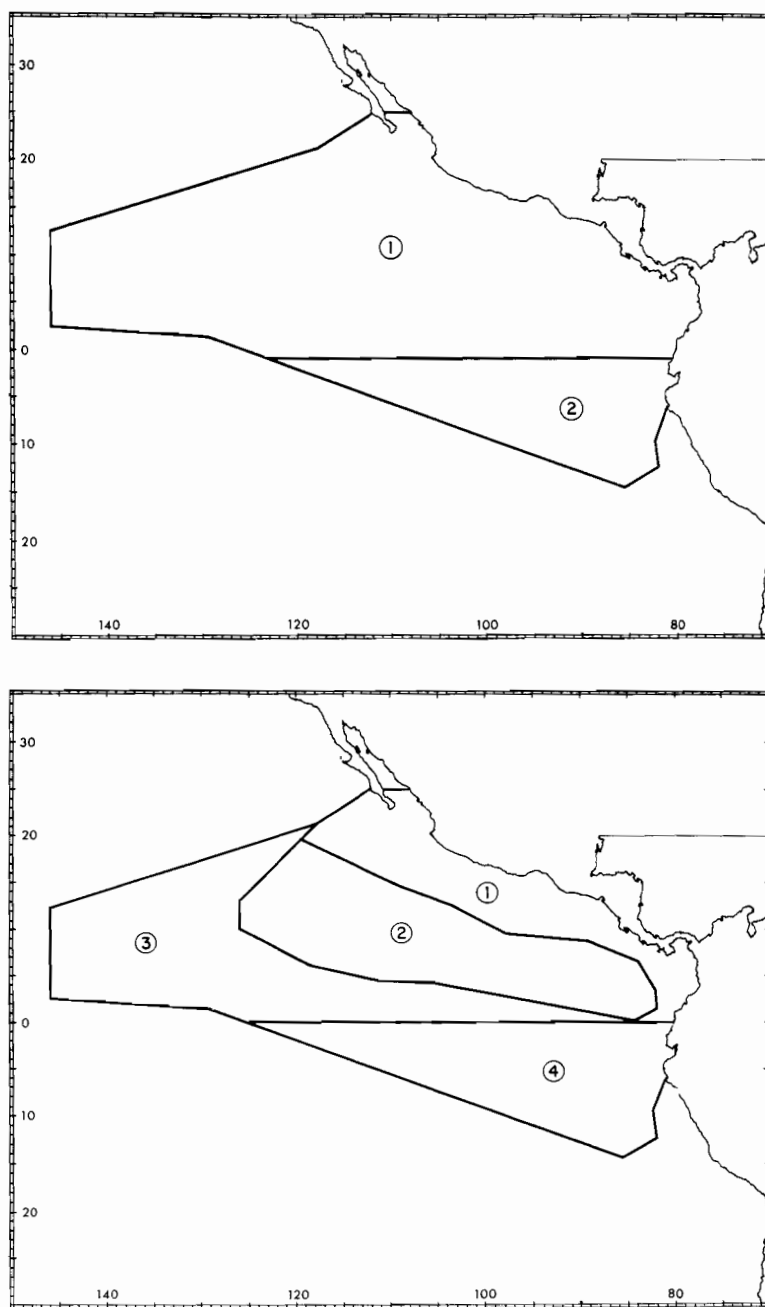
**FIGURE 24.** Length-frequency distributions of black skipjack samples in the CYRA in 1980-1981 for Area 5, for the entire year and for individual quarters. The numbers below the year and quarter designations indicate numbers of samples and numbers of fish measured, respectively.

**FIGURA 24.** Distribución frecuencia-talla de las muestras de *E. lineatus* en el ARCAA en 1980-1981, en la zona 5, por trimestres individuales y en todo el año. Las cifras debajo de los trimestres y el año indican respectivamente el número de muestras y el número de peces medidos.



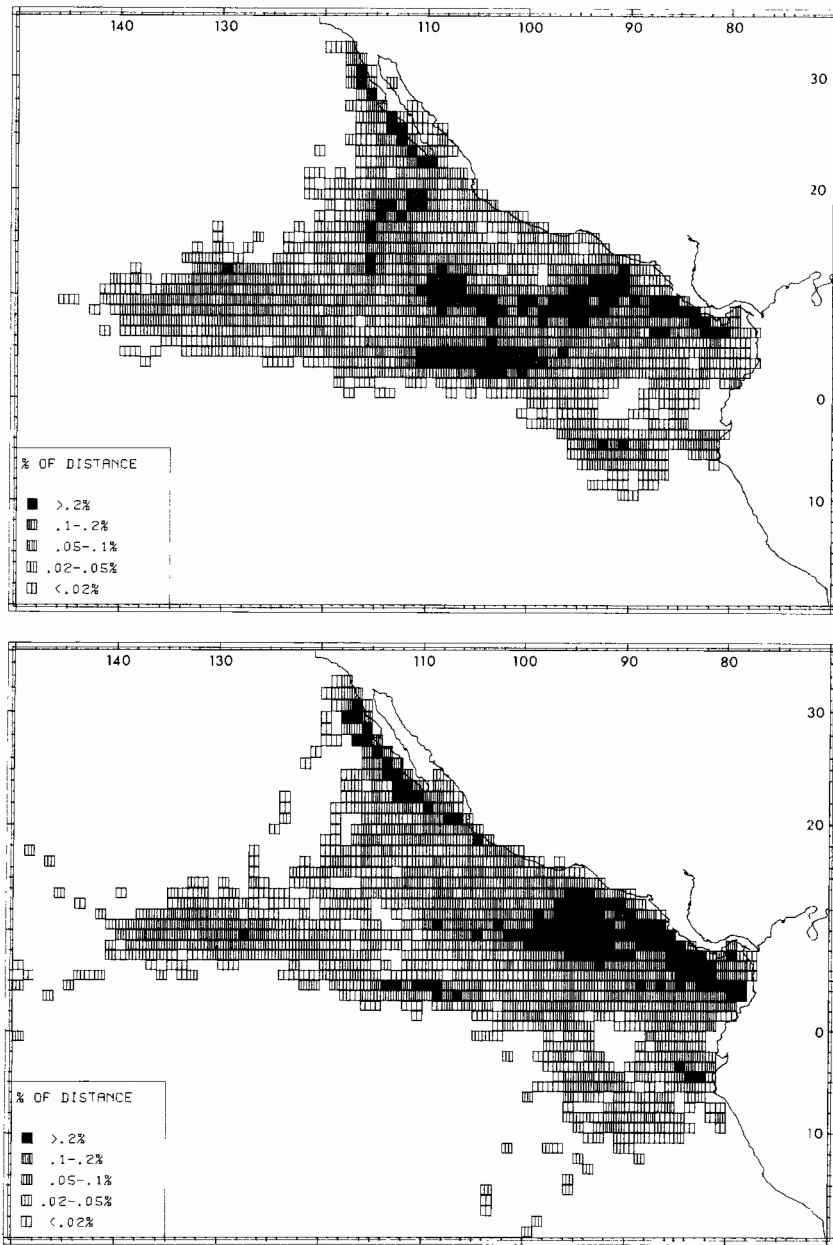
**FIGURE 25.** Histograms of perpendicular distance in intervals of 0.5 nm up to a truncation point of 7.0 nm for spotted dolphins in 1977. (a) "unsmeared" data; (b) "smeared" data.

**FIGURA 25.** Histogramas de la distancia perpendicular a intervalos de 0.5 mn hasta un punto de truncamiento de 7.0 mn para los delfines *Stenella attenuata* en 1977, (a) datos "sin suavizar," (b) datos "suavizados."



**FIGURE 26.** Areas of the eastern Pacific used in the stock boundary stratification for (a) spotted and (b) spinner dolphins.

**FIGURA 26.** Zonas del Pacífico oriental empleadas en la estratificación de los límites de la población para (a) delfines *Stenella attenuata* y (b) delfines *Stenella longirostris*.



**FIGURE 27.** Distributions of searching effort by IATTC and NMFS technicians by 1° x 1° area for (a) 1977, (b) 1978, (c) 1979, (d) 1980, and (e) 1981.

**FIGURA 27.** Distribución del esfuerzo de búsqueda por los técnicos del NMFS y de la CIAT, por zonas de 1° x 1° en (a) 1977, (b) 1978, (c) 1979, (d) 1980 y (e) 1981.

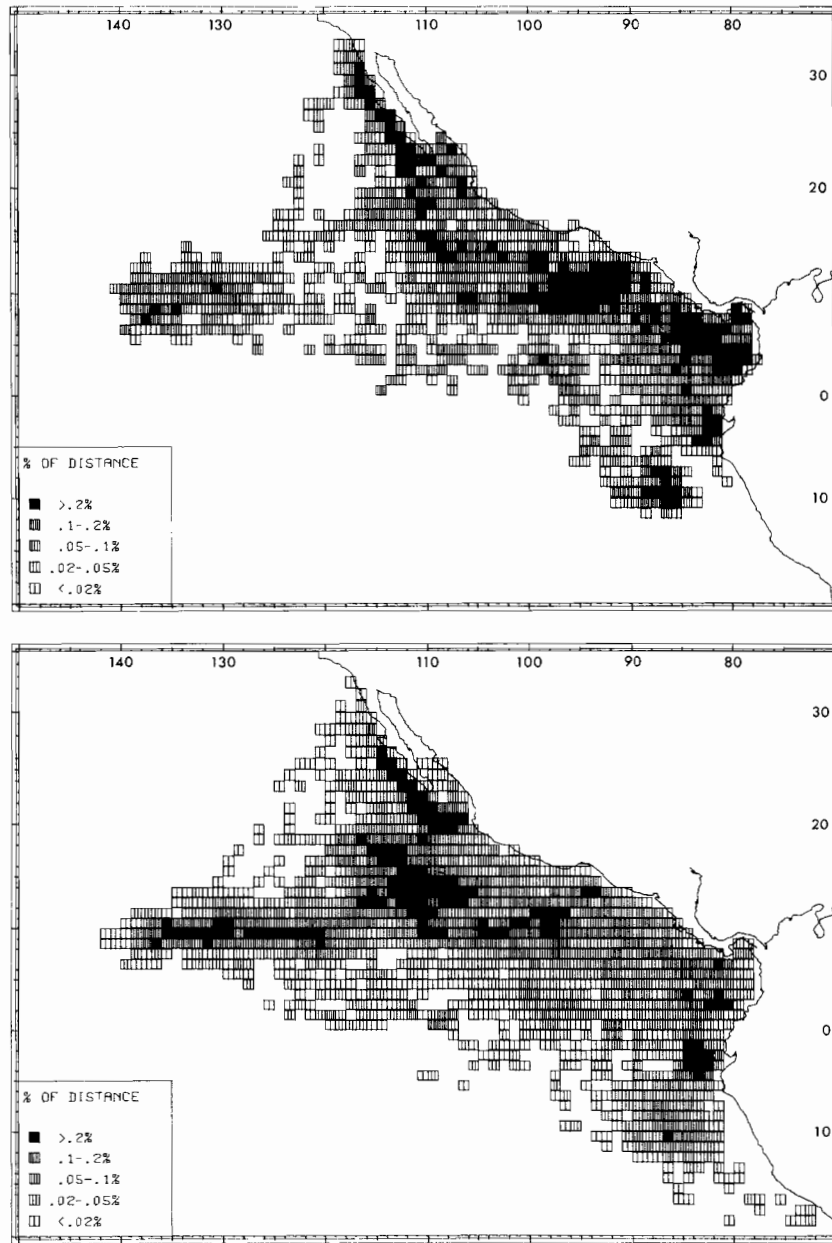


FIGURE 27. Continued.

FIGURA 27. Continuado.

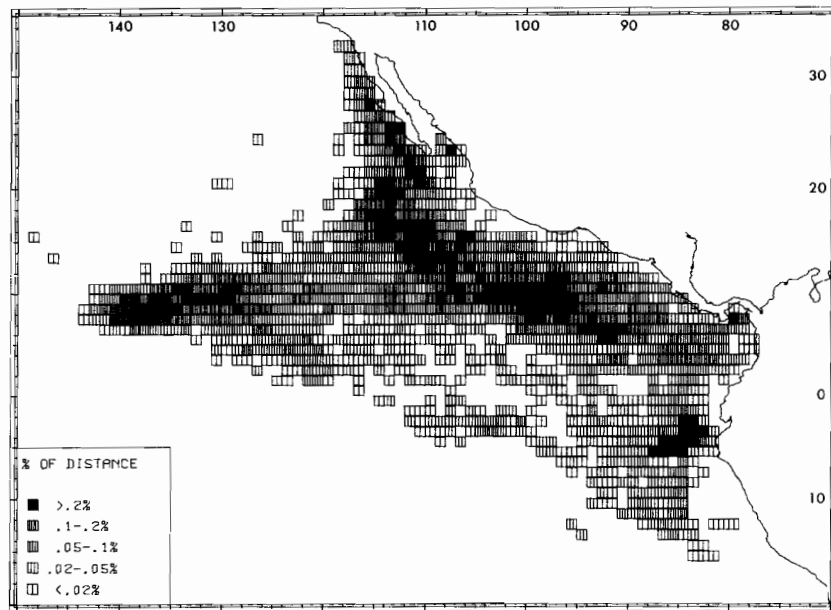
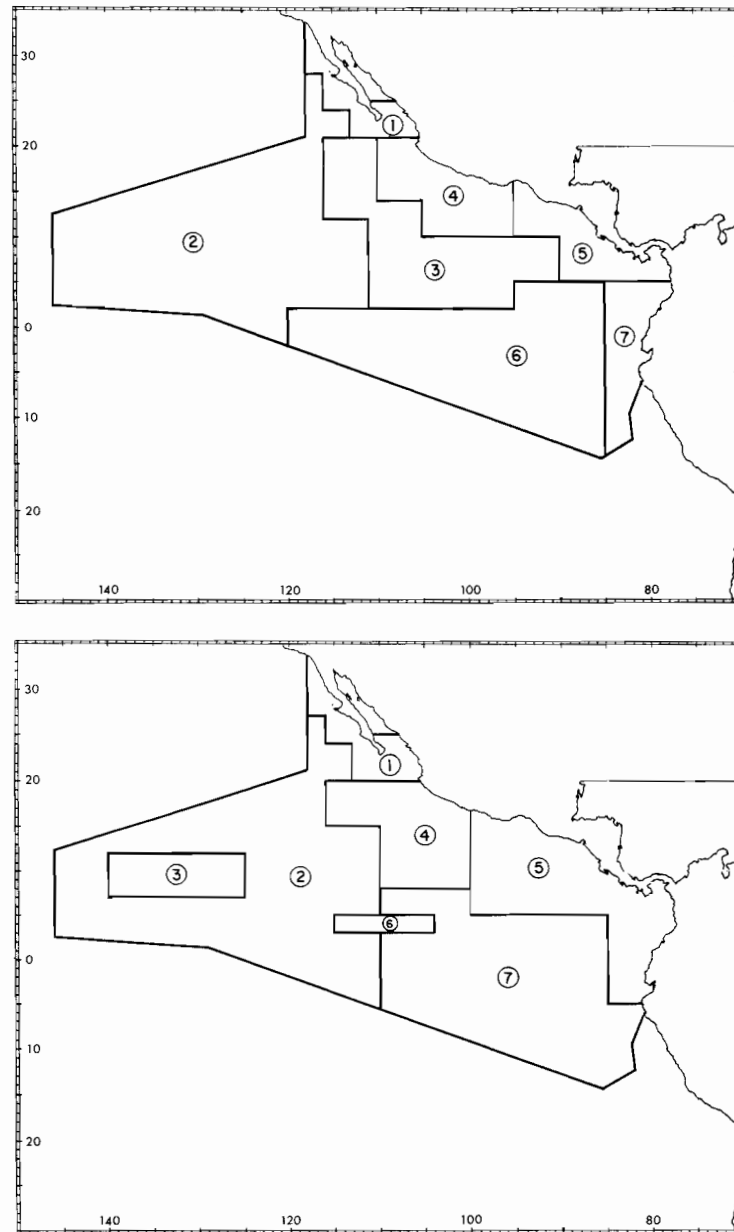


FIGURE 27. Continued.

FIGURA 27. Continuado.



**FIGURE 28.** Areas of the eastern Pacific classified by the predominant mode of fishing and by the intensity of searching effort for [a] 1977, [b] 1978, [c] 1979, [d] 1980, and [e] 1981. Data are from IATTC records.

**FIGURA 28.** Zonas del Pacífico oriental clasificadas por la moda predominante de pesca y por la intensidad del esfuerzo de búsqueda en [a] 1977, [b] 1978, [c] 1979, [d] 1980 y [e] 1981. Los datos provienen de los archivos de la CIAT.



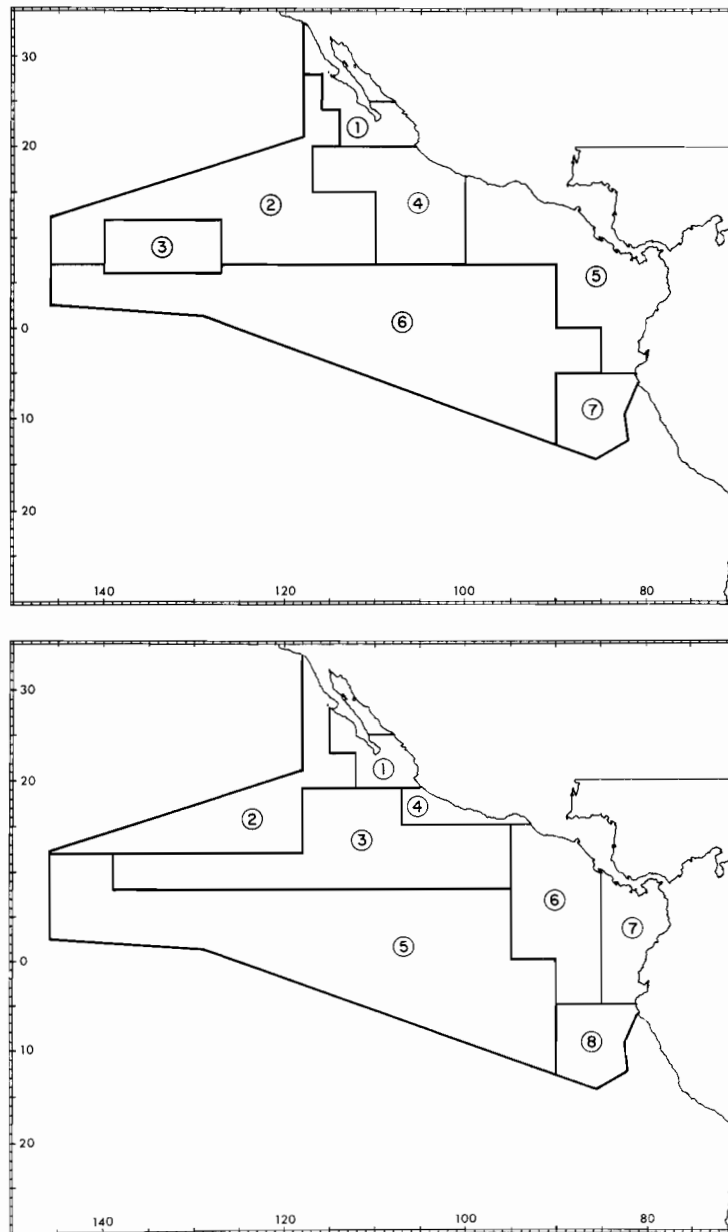
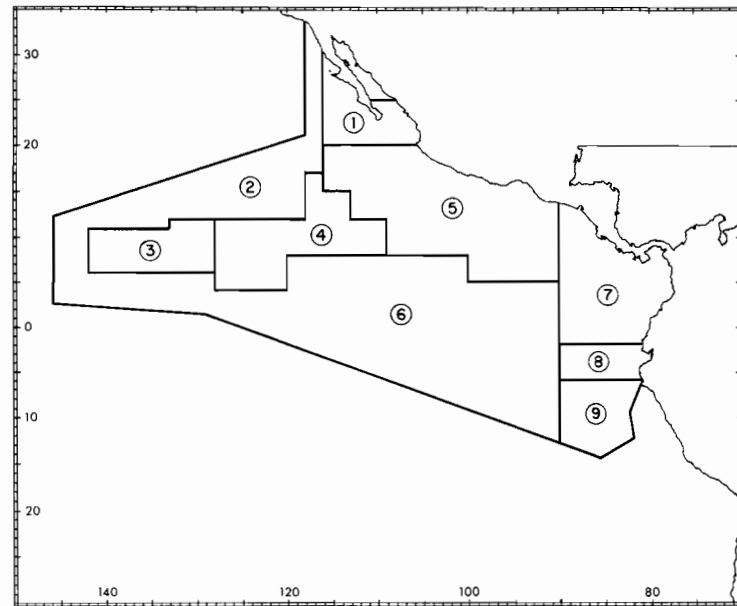
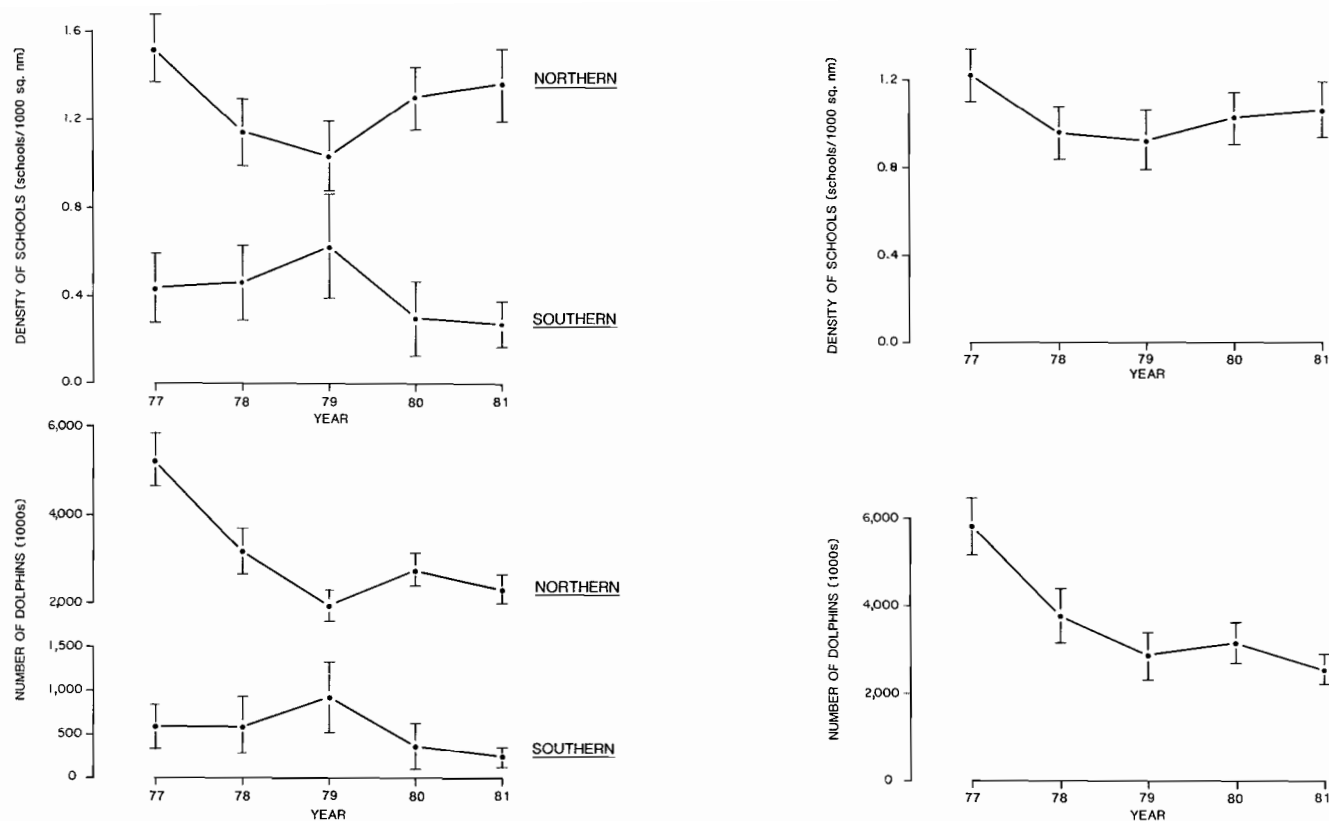


FIGURE 28. Continued.

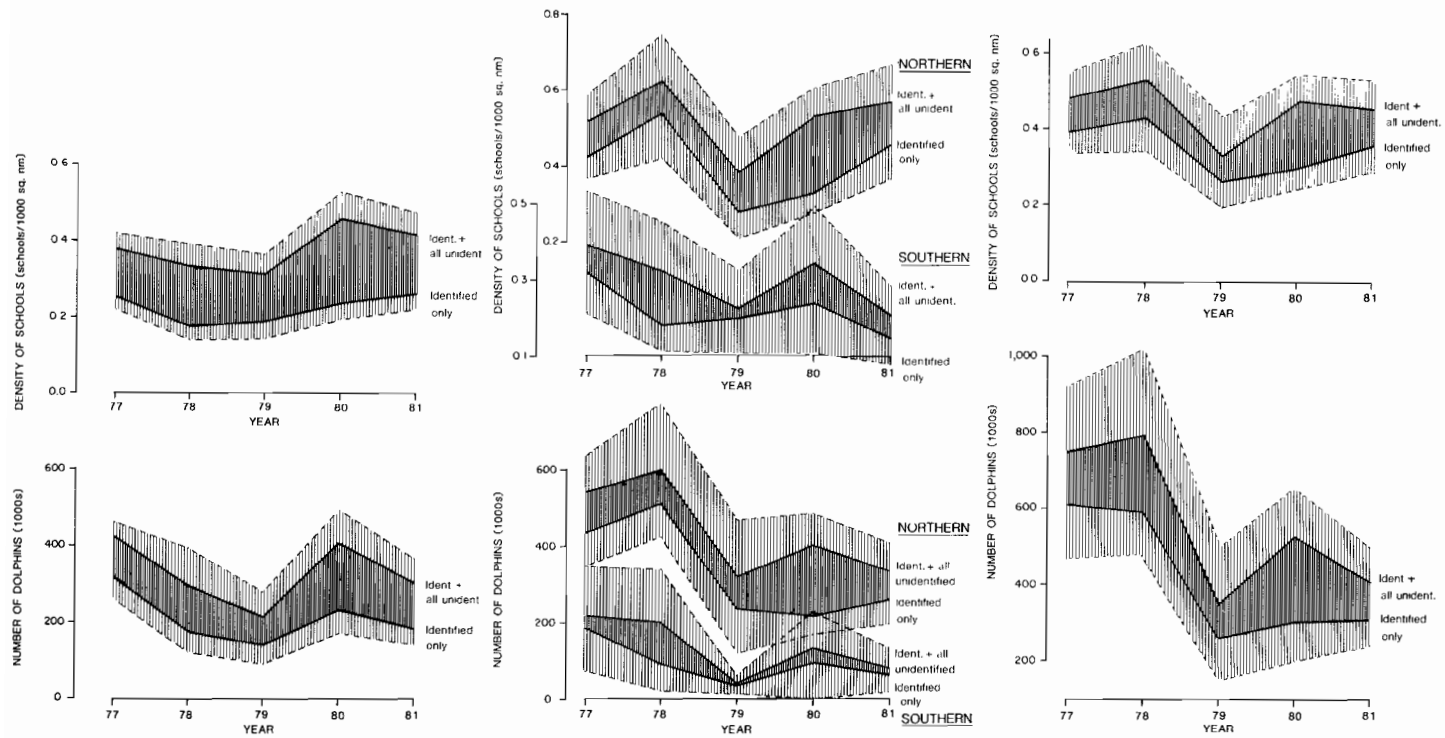
FIGURA 28. Continuado.

**FIGURE 28.** Continued.**FIGURA 28.** Continuado.



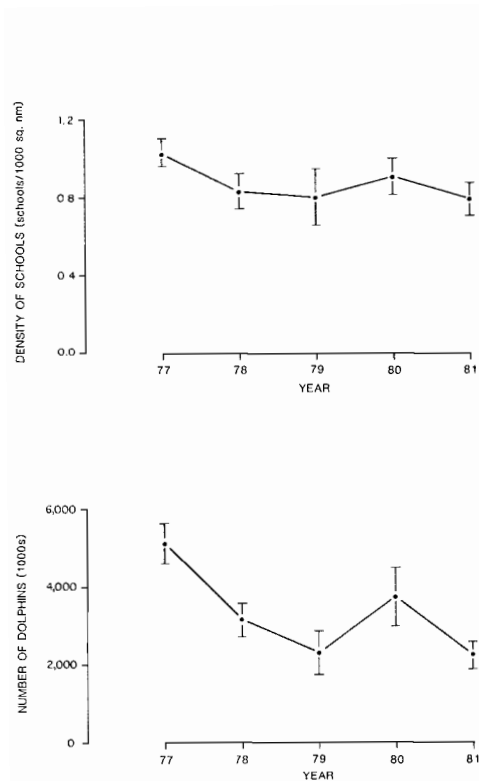
**FIGURE 29.** Estimates of density of schools and numbers of dolphins from the stock stratification of offshore spotted dolphin data for (a) northern and southern and (b) combined. Confidence intervals (vertical lines) are  $\pm$  twice the standard errors of the estimates.

**FIGURA 29.** Estimaciones de la densidad de los cardúmenes y de las cantidades de delfines según los datos de la estratificación de la población de los delfines *Stenella attenuata* de altura (a) del norte y del sur, y (b) combinados. Los intervalos de confianza (líneas verticales) son  $\pm$  del doble del error normal de las estimaciones.



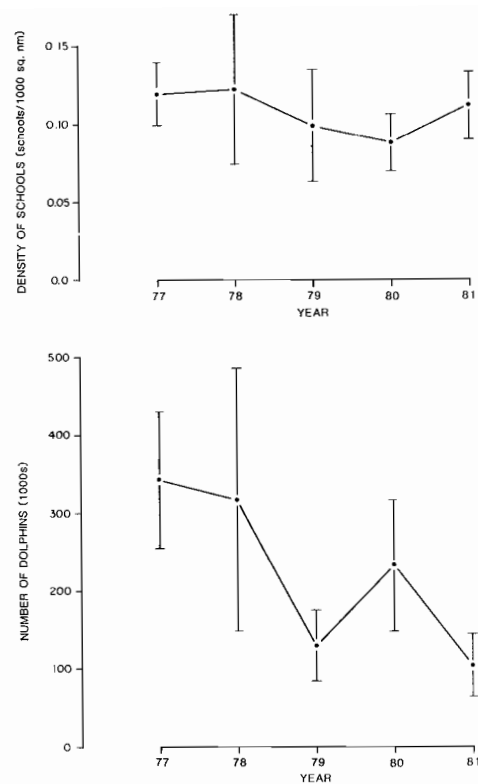
**FIGURE 30.** Estimates of density of schools and numbers of dolphins from the stock stratification of spinner dolphin data for (a) eastern, (b) northern and southern whitebelly, and (c) whitebelly combined. Confidence intervals (vertical lines) are  $\pm$  twice the standard errors of the estimates.

**FIGURA 30.** Estimaciones de la densidad de los cardúmenes y de las cantidades de delfines según los datos de la estratificación de los delfines *Stenella longirostris* (a) oriental, (b) panza blanca del norte y del sur y (c) panza blanca combinados. Los intervalos de confianza son  $\pm$  del doble del error normal de las estimaciones.



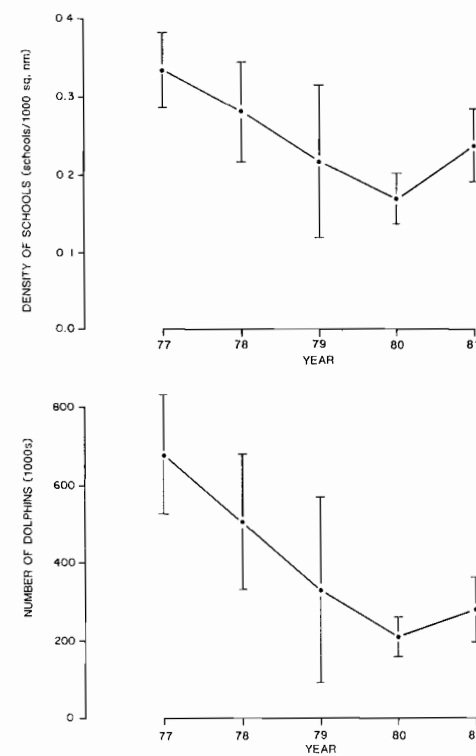
**FIGURE 31.** Estimates of density of schools and numbers of dolphins from the fishing mode/searching intensity stratification of offshore spotted dolphin data. Confidence intervals (vertical lines) are + twice the standard errors of the estimates.

**FIGURA 31.** Estimaciones de la densidad de los cardúmenes y de las cantidades de delfines según los datos estratificados de la moda de pesca/intensidad de búsqueda de los delfines *Stenella attenuata* de altura. Los intervalos de confianza (líneas verticales) son + del doble del error normal de las estimaciones.



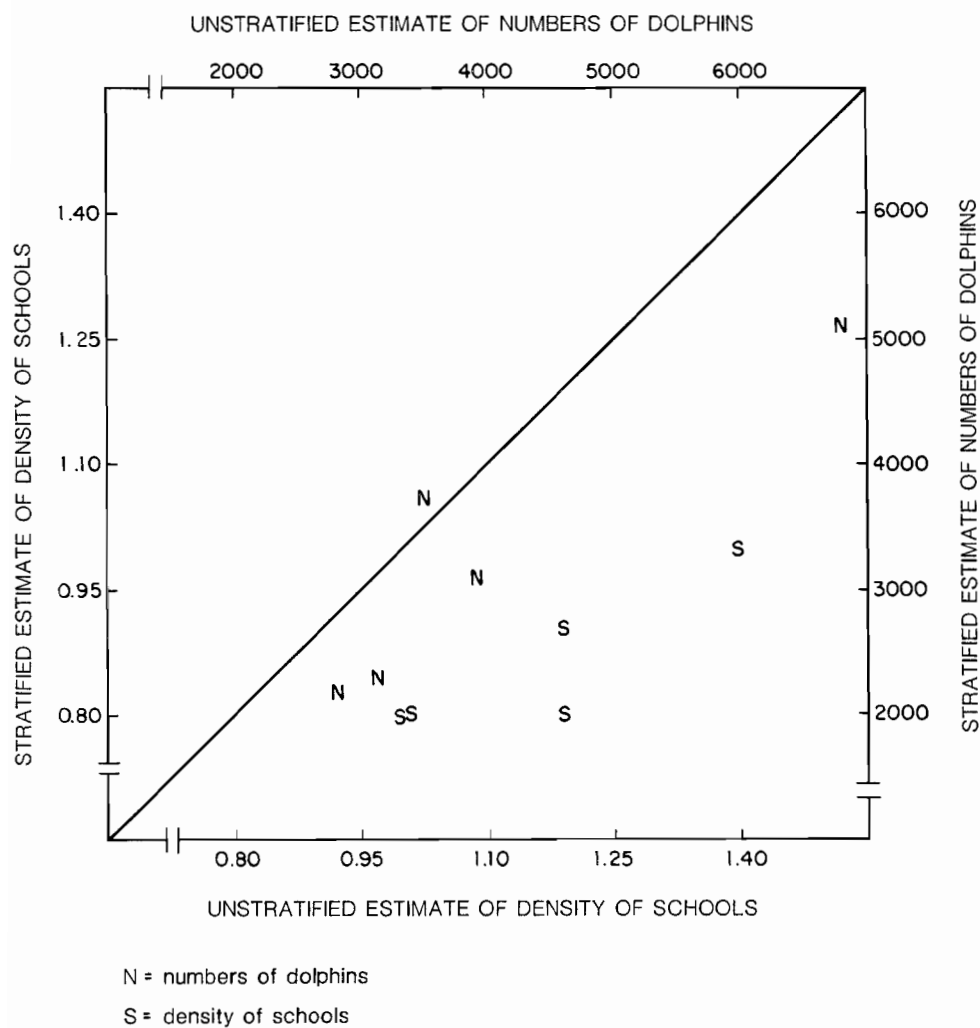
**FIGURE 32.** Estimates of density of school and numbers of dolphins from the fishing mode/searching intensity stratification of eastern spinner dolphin data. Confidence intervals (vertical lines) are + twice the standard errors of the estimates.

**FIGURA 32.** Estimaciones de la densidad de los cardúmenes y de las cantidades de delfines según los datos estratificados de la moda de pesca/intensidad de búsqueda de los delfines *Stenella longirostris* oriental. Los intervalos de confianza (líneas verticales) son + del doble del error normal de las estimaciones.



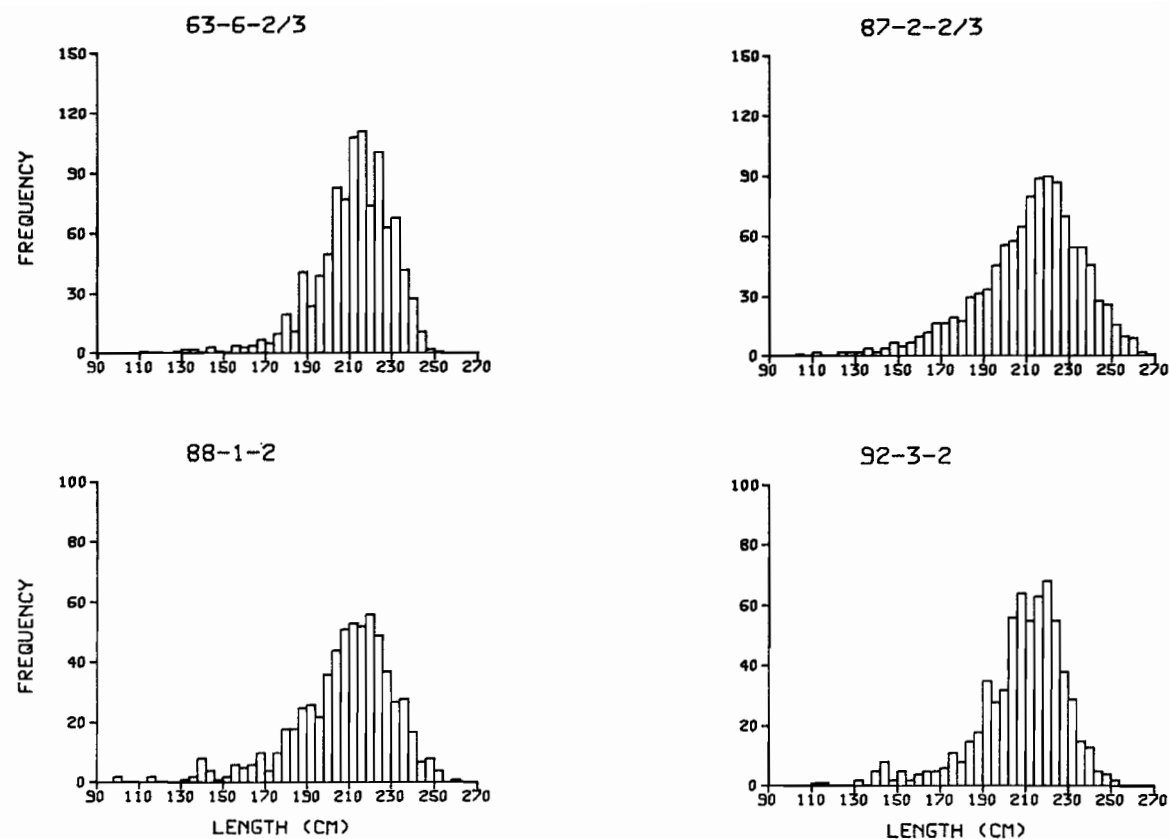
**FIGURE 33.** Estimates of density of school and numbers of dolphins from the fishing mode/searching intensity stratification of whitebelly spinner dolphin data. Confidence intervals (vertical lines) are + twice the standard errors of the estimates.

**FIGURA 33.** Estimaciones de la densidad de los cardúmenes y de las cantidades de delfines según los datos estratificados de la moda de pesca/intensidad de búsqueda de los delfines *Stenella longirostris* panza blanca (líneas verticales) blanca. Los intervalos de confianza son + del doble del error normal de las estimaciones.



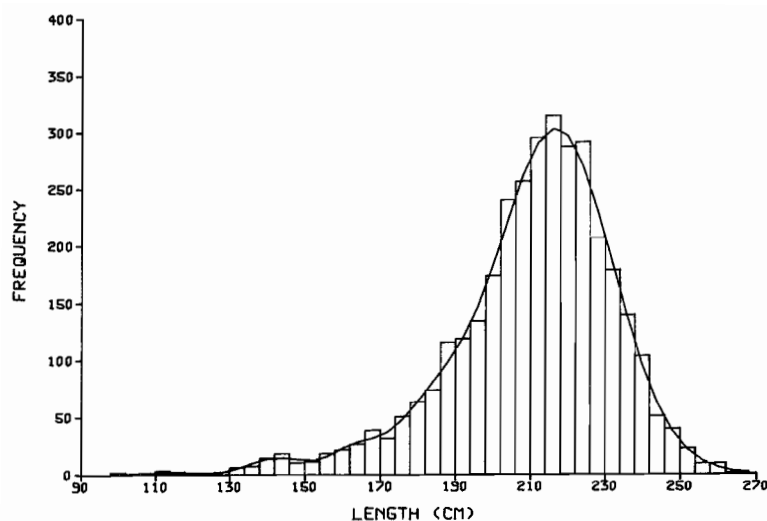
**FIGURE 34.** Comparison of estimates of density of schools and numbers of dolphins from coarse stratification by stock boundary ("unstratified") and finer stratification by fishing mode/searching intensity ("stratified").

**FIGURA 34.** Comparación de las estimaciones calculadas de la densidad de los cardúmenes y de las cantidades de delfines según la estratificación cruda de los límites de las poblaciones ("sin estratificar") y la estratificación más refinada de la moda de pesca/intensidad de búsqueda ("estratificada") de los delfines *Stenella attenuata* y *Stenella longirostris*.



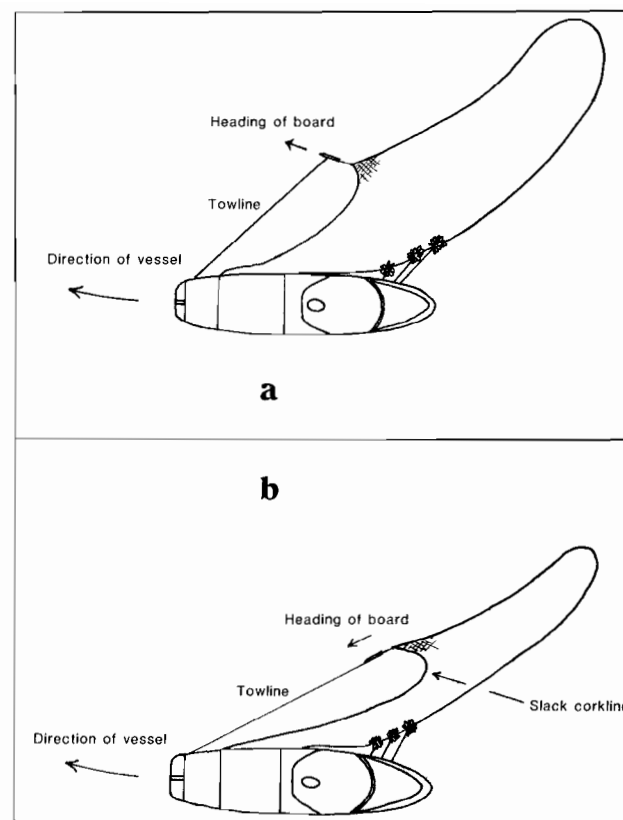
**FIGURE 35.** Length-frequency distributions of the animals of four schools of Costa Rican spinner dolphins photographed off the coast of Mexico in 1980.

**FIGURA 35.** Distribución frecuencia-talla de los animales de cuatro cardúmenes de delfines *Stenella longirostris* costarricenses, fotografiados frente a la costa de México en 1980.



**FIGURE 36.** Length-frequency distributions of the animals of four schools of Costa Rican spinner dolphins and a curve fitted by a computer program which separates the data into component distributions.

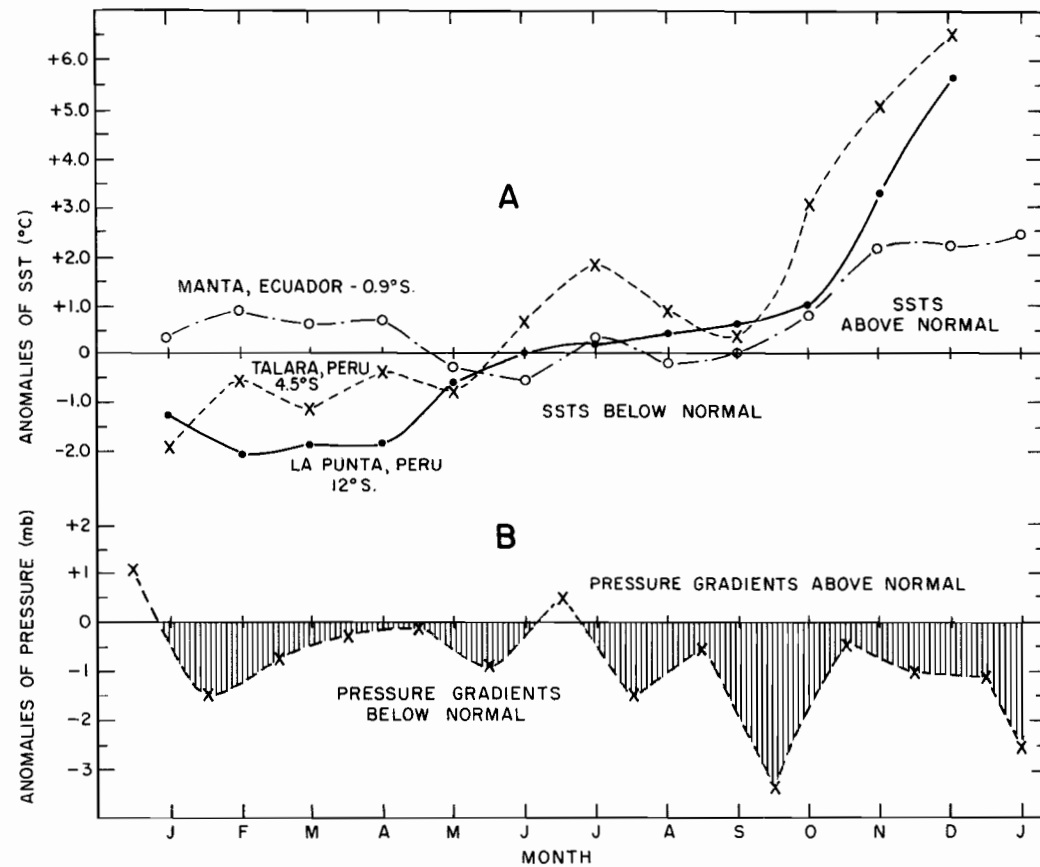
**FIGURA 36.** Distribución frecuencia-talla de los animales de cuatro cardúmenes de delfines *Stenella longirostris* costarricenses y la curva ajustada por un programa computarizado que separa los datos en distribuciones de los componentes.



**FIGURE 37.** Configuration of backdown channel using backdown board: (a) desired results, (b) actual results during local trials aboard purse seiners.

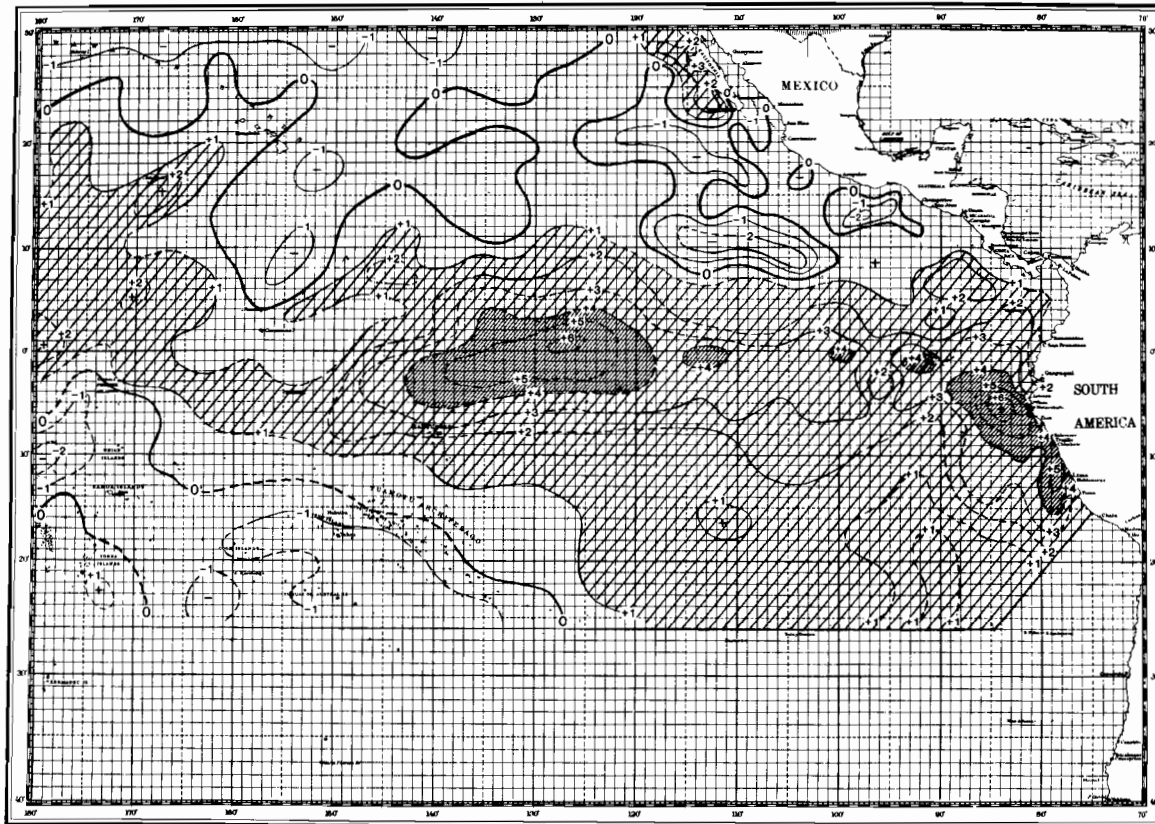
**FIGURA 37.** Configuración del conducto del retroceso usando la "puerta": (a) resultados deseados, (b) resultados actuales durante pruebas locales a bordo de embarcaciones cerqueras.





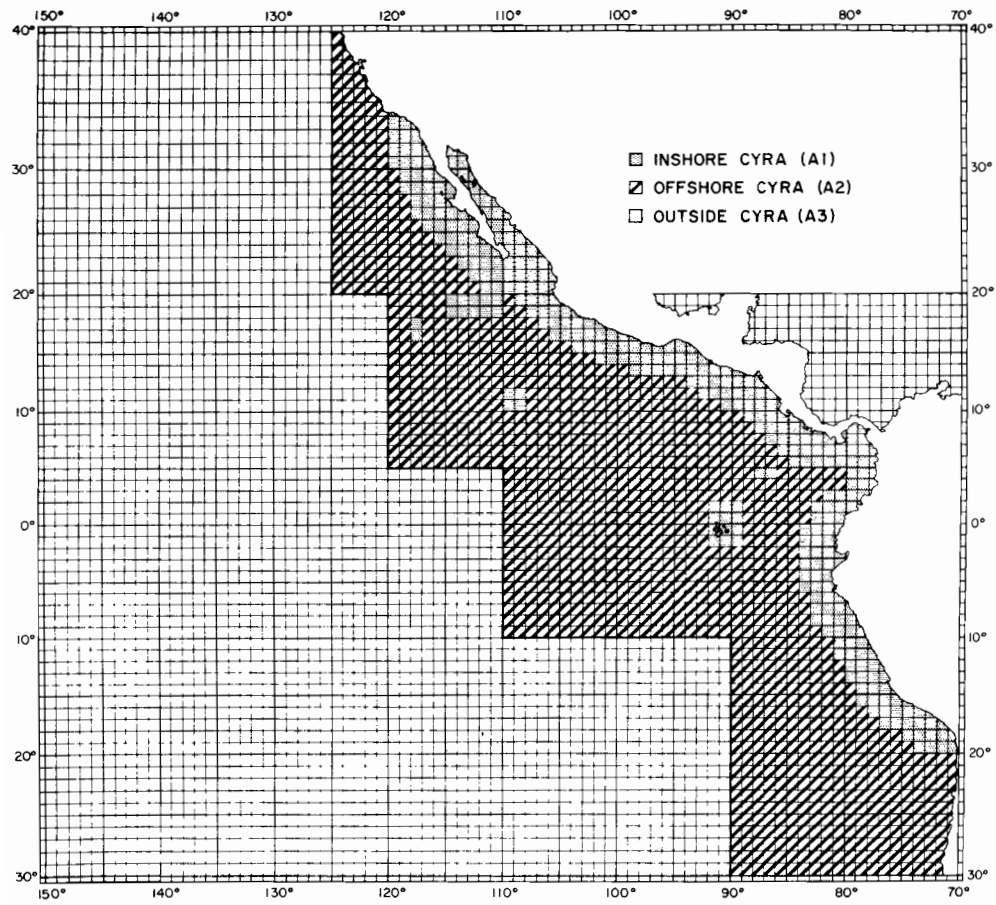
**FIGURE 38.** (A) Monthly mean SST anomalies for three South American coastal stations. (B) mean monthly anomalies of sea level pressure gradient (pressure difference between Juan Fernandez Island (34°S, 80°W) and San Juan, Peru (15°S)). Negative anomalies in both panels are below the base line.

**FIGURA 38.** (A) Media mensual de las anomalías de la TSM de tres estaciones costeras sudamericanas. (B) Media mensual de las anomalías del gradiente de la presión del nivel del mar (diferencia de la presión entre la Isla de Juan Fernández (34°S, 80°W) y San Juan (Perú) (15°S)). Las anomalías negativas en ambos recuadros se encuentran debajo de la línea básica.



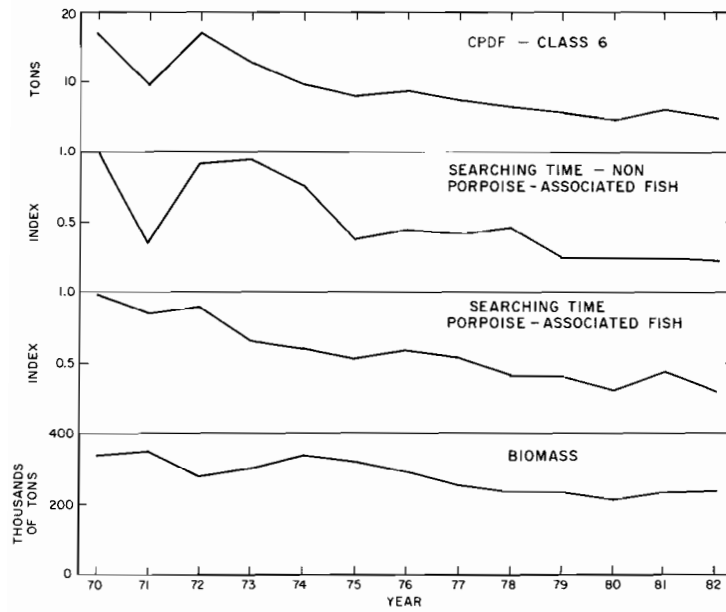
**FIGURE 39.** SST departures from long-term normals (anomalies) for November 1982, based on data from commercial ships and fishing vessels. Areas with SST's from 1° to 4°C above normal are hatched. Areas with SST's more than 4°C above normal are shaded.

**FIGURA 39.** Desviaciones de la TSM de las (anomalías) normales a largo plazo en noviembre de 1982, basadas en datos de embarcaciones comerciales y pesqueras. Las zonas con TSM de 1° a 4°C superiores a lo normal se han estriado. Las zonas con TSM mayor que 4°C de lo normal se han sombreado.



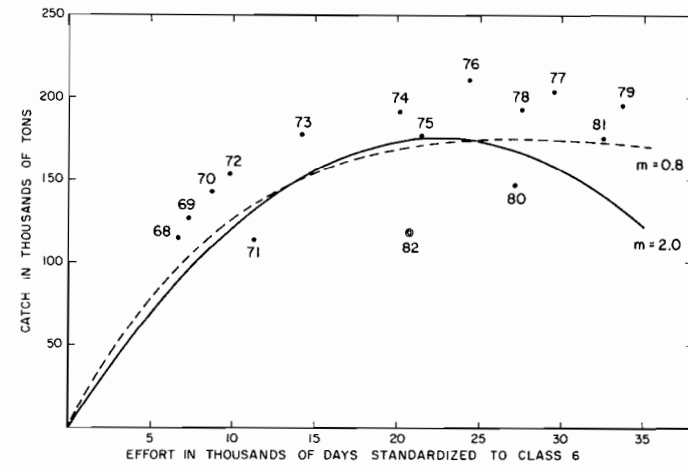
**FIGURE 40.** The eastern Pacific Ocean, showing the historical areas of the fishery for yellowfin, A1; the more recently fished areas within the CYRA, A2; and the area outside the CYRA, A3.

**FIGURA 40.** El Océano Pacífico oriental, en el que se indican las zonas históricas de la pesca del aleta amarilla, A1; zonas de pesca más recientes en el ARCAA, A2; y la zona fuera del ARCAA, A3.



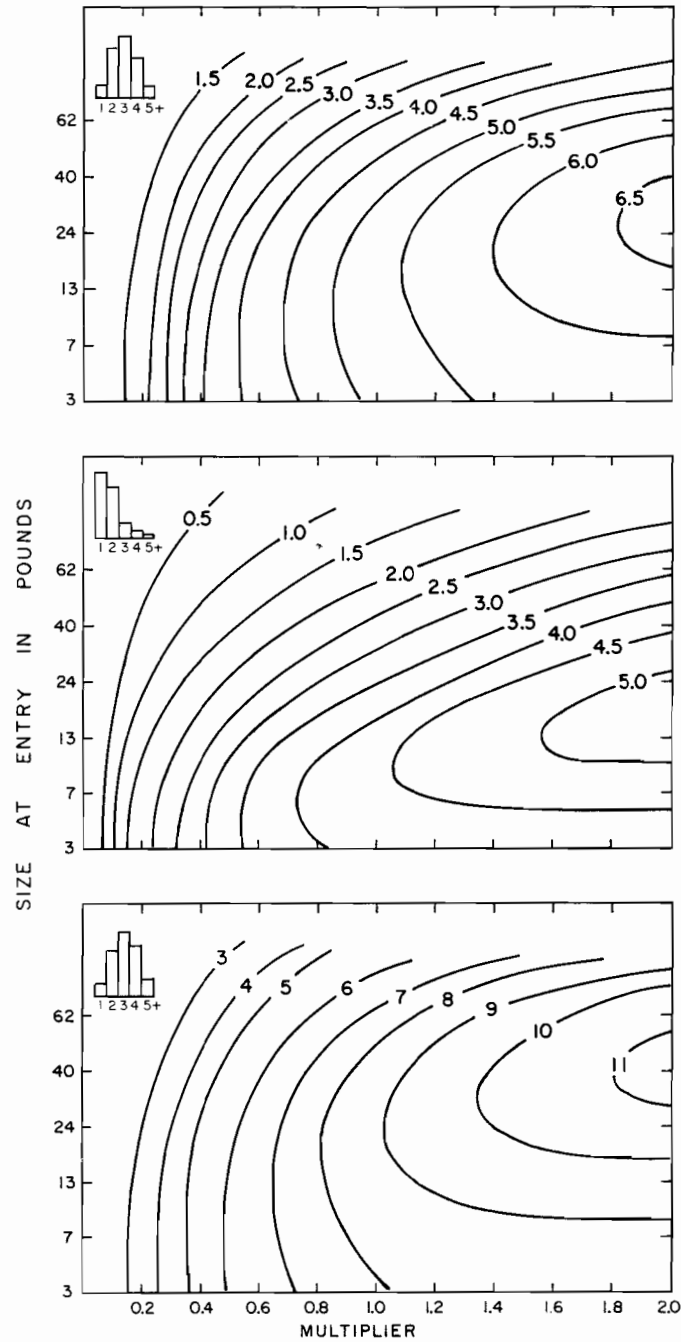
**FIGURE 41.** Four indices of abundance of yellowfin in the CYRA, 1970-1982.

**FIGURA 41.** Cuatro índices de abundancia del aleta amarilla en el ARCAA, 1970-1982.



**FIGURE 42.** Relationships between effort and catch for the yellowfin fishery inside the CYRA, 1968-1982.

**FIGURA 42.** Relación entre el esfuerzo y la captura correspondiente a la pesca del aleta amarilla en el ARCAA, 1968-1982.



**FIGURE 43.** Relationships among size at entry, fishing effort, and yield per recruit for yellowfin.

**FIGURA 43.** Relación entre la talla de entrada, el esfuerzo de pesca y el rendimiento por recluta del atún aleta amarilla.

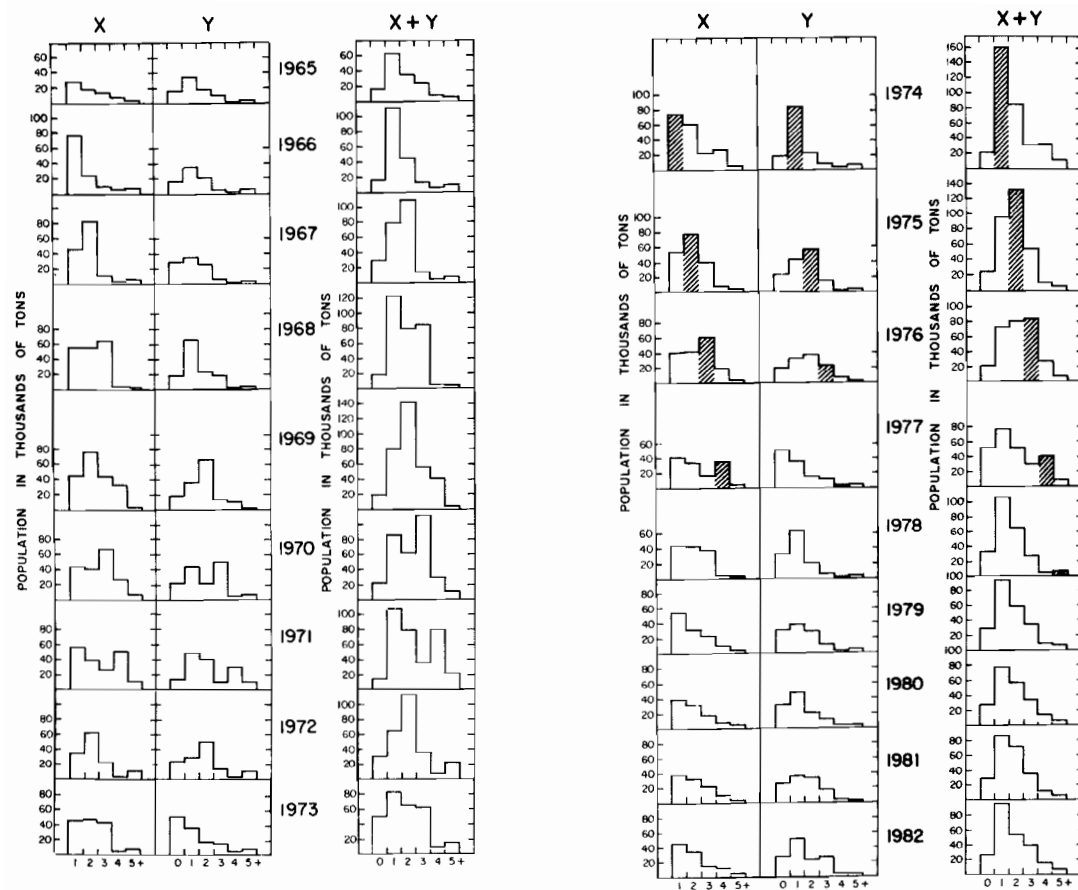
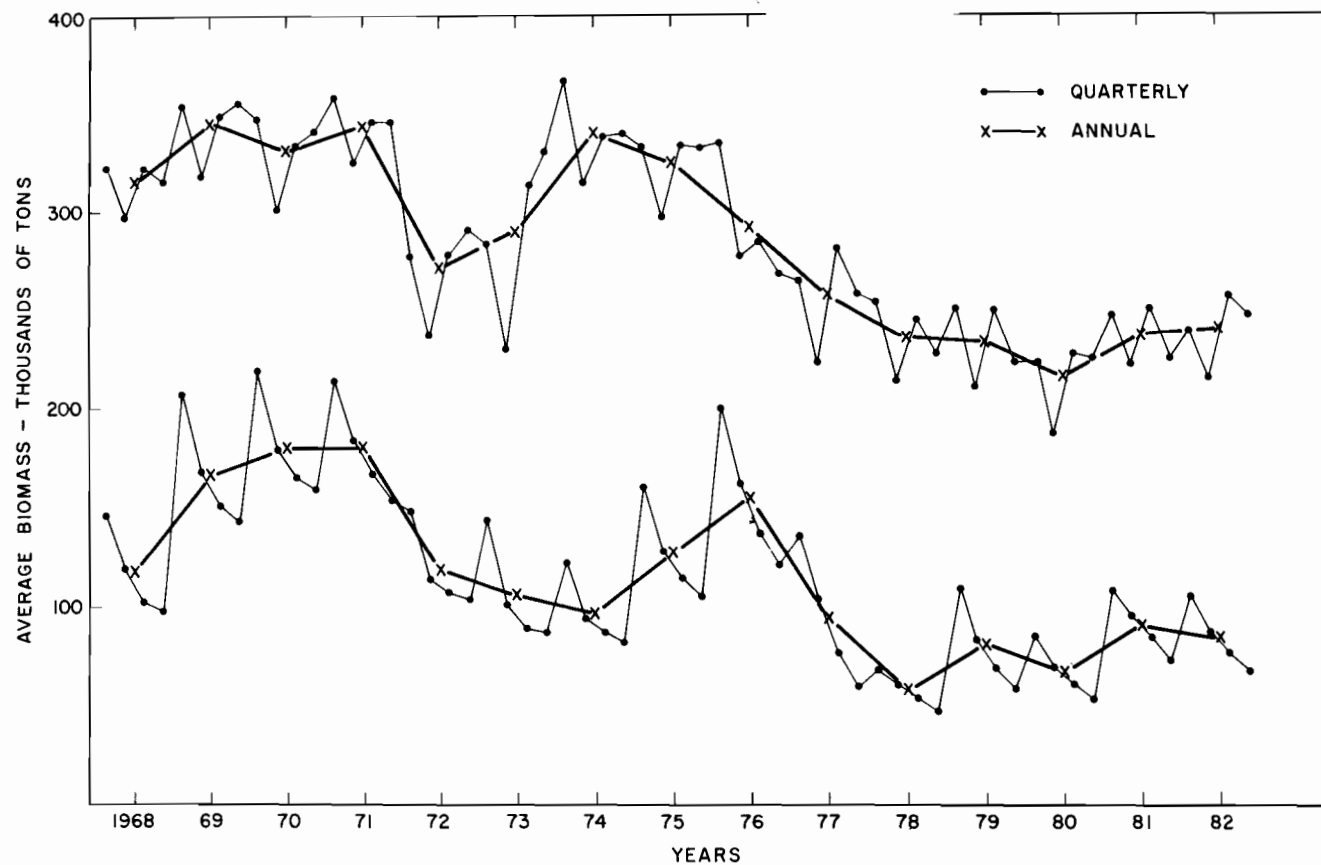


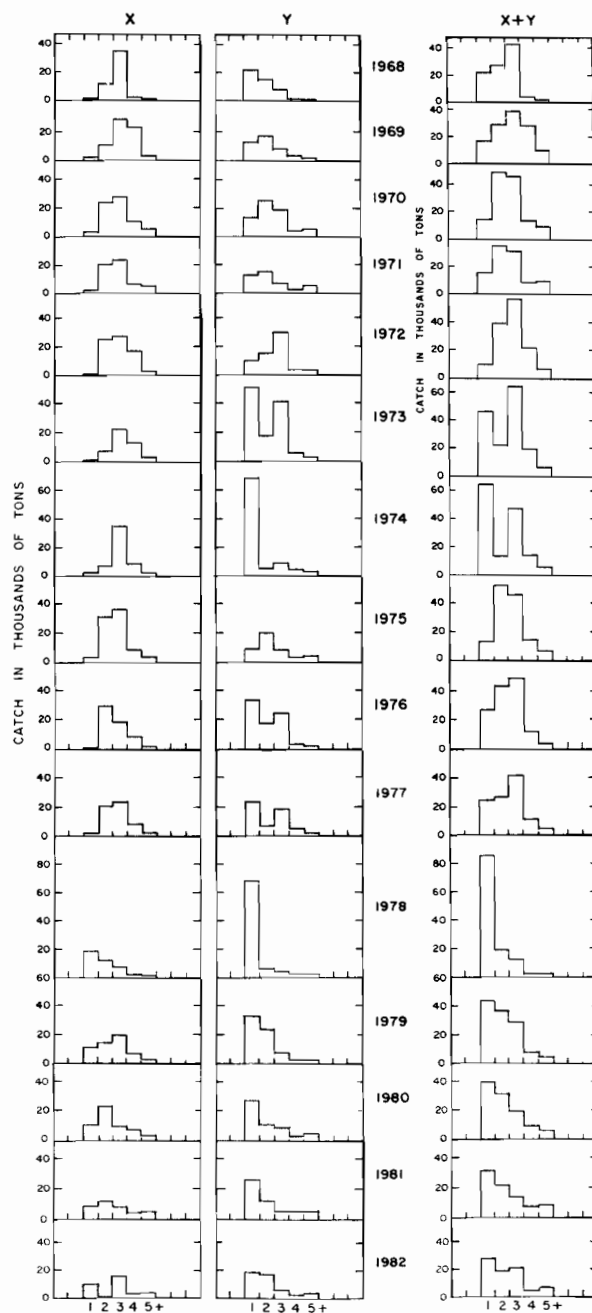
FIGURE 44. Annual biomass estimates of yellowfin in the CYRA, 1965-1982, by age groups.

FIGURA 44. Estimación por grupos de edad de la biomasa del atún aleta amarilla en el ARCAA, 1965-1982.



**FIGURE 45.** Annual and quarterly biomass estimates of yellowfin in the CYRA, 1968-1982, for all fish and for larger fish only.

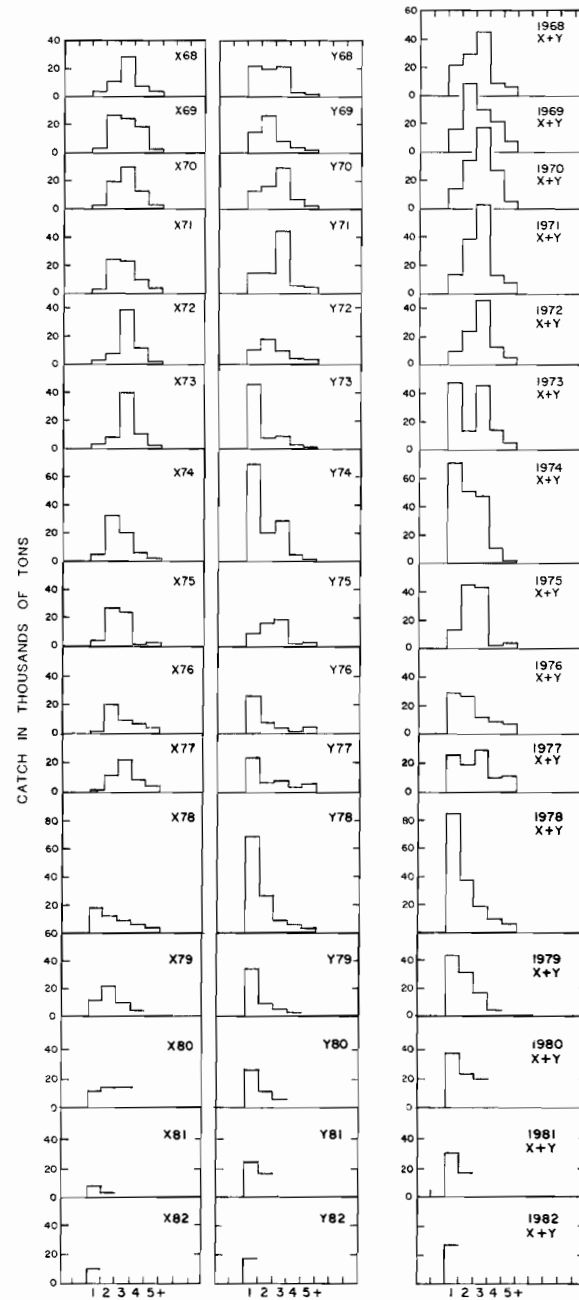
**FIGURA 45.** Estimación de la biomasa anual y trimestral del atún aleta amarilla en el ARCAA, 1968-1982, de todos los peces y sólo de los peces más grandes.



**FIGURE 46.** Estimated catches of yellowfin of ages 1 through 5+ by purse seiners in the first and second quarters of 1968 through 1982, by X and Y groups.

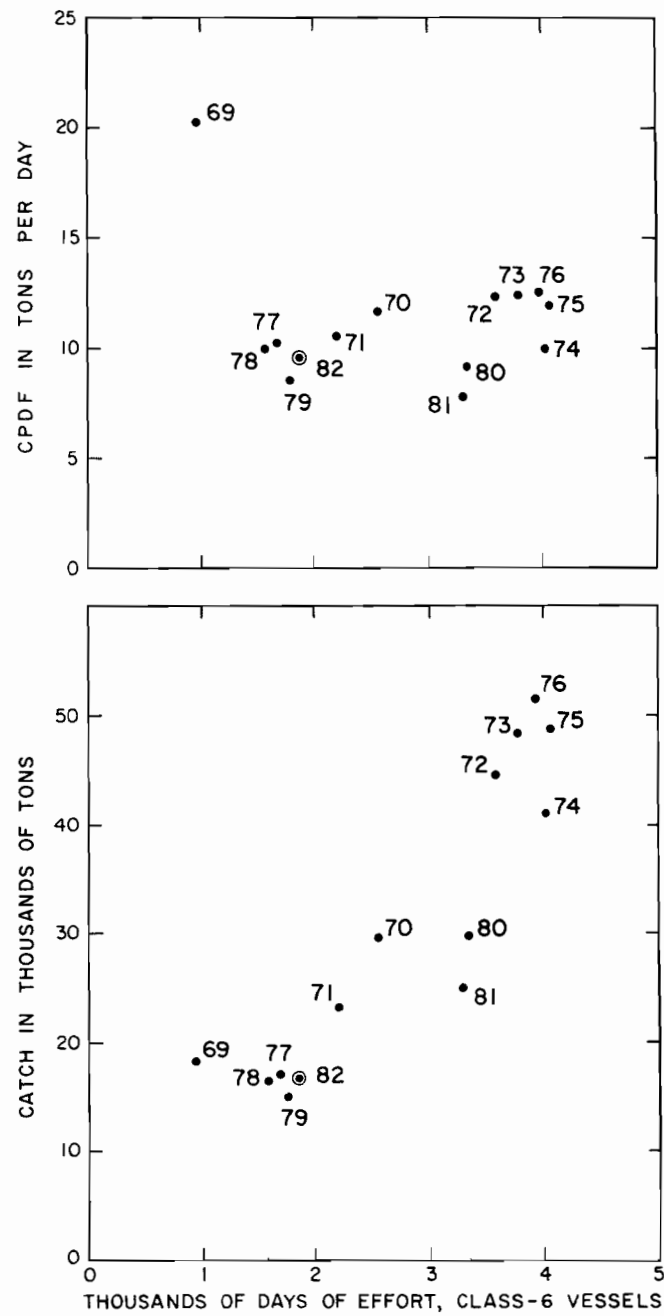
**FIGURA 46.** Capturas estimadas de los grupos X e Y del atún aleta amarilla de 1 hasta 5+ años de edad, obtenidas por los cerqueros en los dos primeros trimestres, desde 1968 hasta 1982.





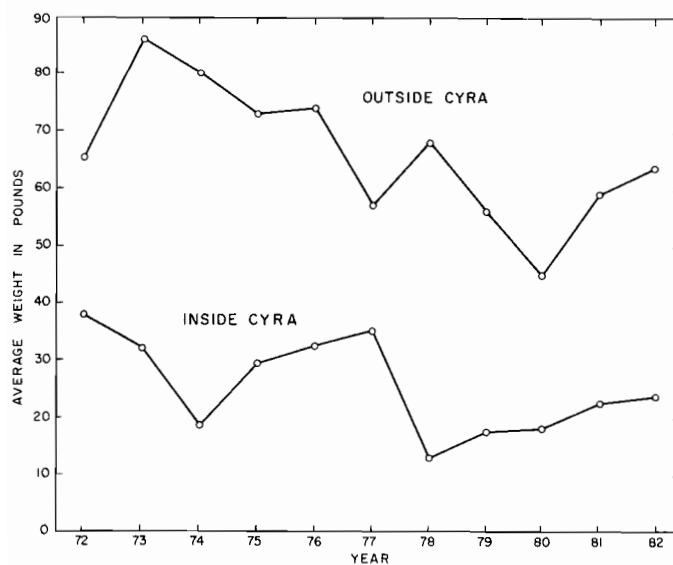
**FIGURE 47.** Estimated catches of yellowfin of the 1968 through 1982 cohorts at ages 1 through 5+ by purse seiners in the first and second quarters of 1968 through 1982, by X and Y groups.

**FIGURA 47.** Capturas estimadas de los grupos X e Y del atún aleta amarilla de las generaciones de 1968 a 1982, de peces de 1 hasta 5+ años de edad, obtenidas por cerqueros durante los dos primeros trimestres de esos años.



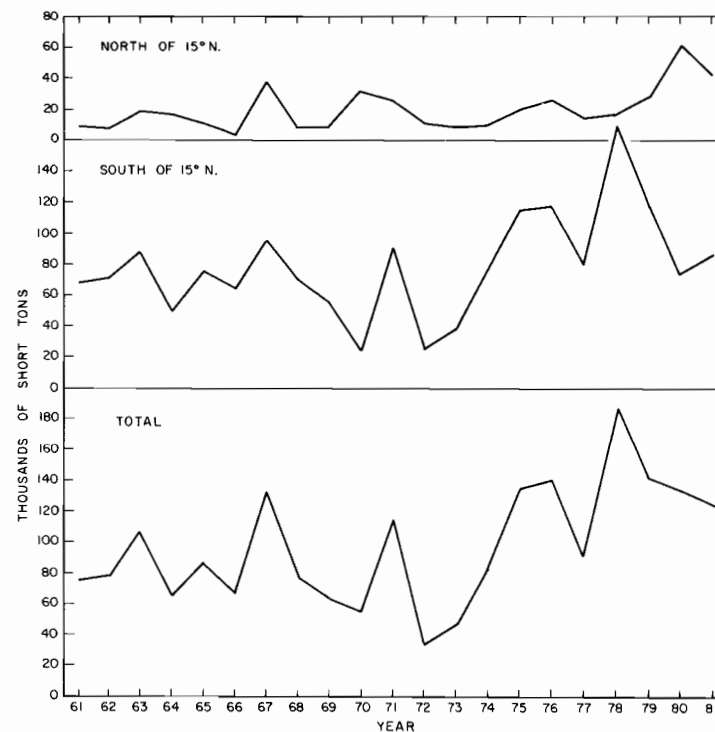
**FIGURE 48.** Relationships between CPDF and effort (upper panel) and between catch and effort (lower panel) for yellowfin in the areas outside the CYRA, 1969–1982.

**FIGURA 48.** Relación entre la CPDP y el esfuerzo (recuadro superior) y entre la captura y el esfuerzo (recuadro inferior) del atún aleta amarilla en las zonas fuera del ARCAA, 1969–1982.



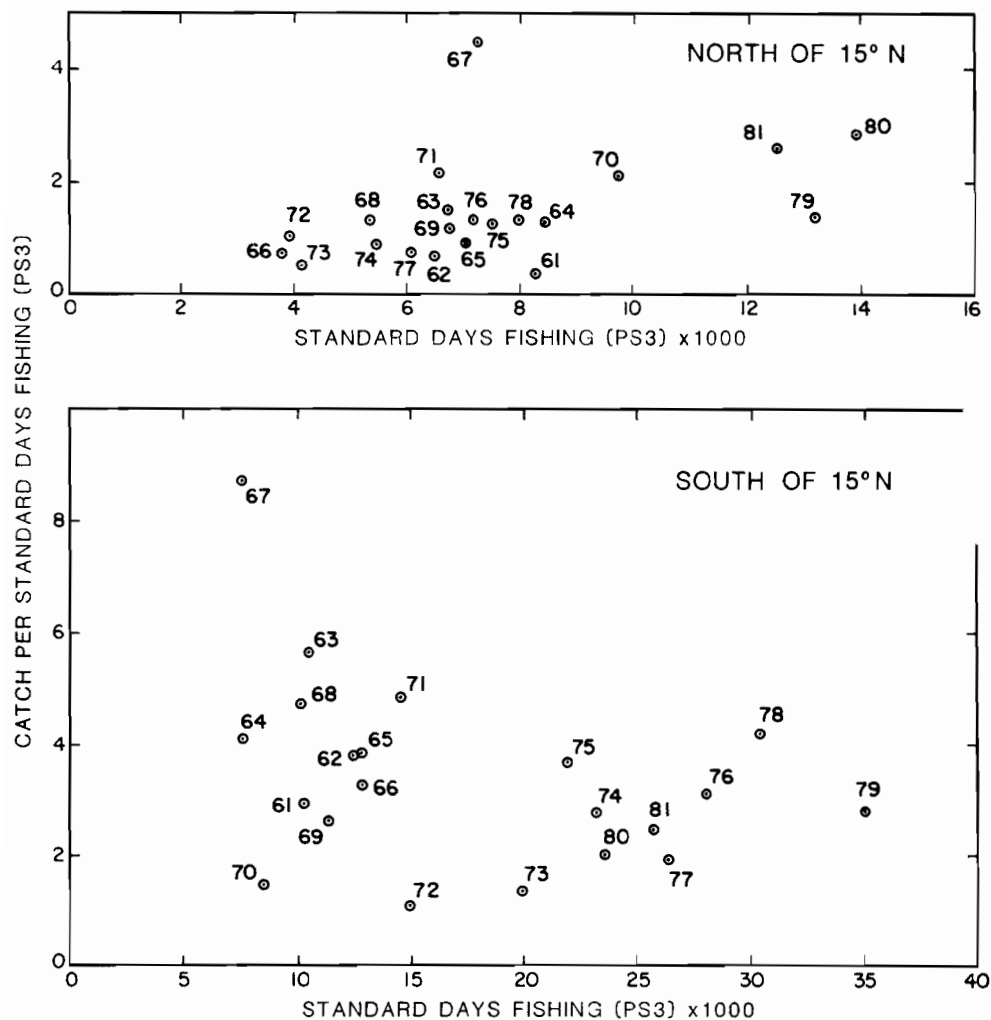
**FIGURE 49.** Average weights of yellowfin caught inside and outside the CYRA, 1972-1982.

**FIGURA 49.** Promedio del peso del atún aleta amarilla capturado dentro y fuera del ARCAA, 1972-1982.



**FIGURE 50.** Estimated CYRA catches of skipjack north and south of 15°N, 1961-1981.

**FIGURA 50.** Capturas estimadas de barrilete en el ARCAA al norte y sur de los 15°N, 1961-1981.



**FIGURE 51.** Relationships between CPUE and effort (unregulated and regulated) for skipjack in the CYRA north and south of 15°N, using data for all 5° areas, 1961-1981.

**FIGURA 51.** Relación entre la CPUE y el esfuerzo [reglamentado y sin reglamentar] aplicado al barrilete en el ARCAA al norte y al sur de los 15°N, empleando los datos de todas las zonas de 5°, 1961-1981.

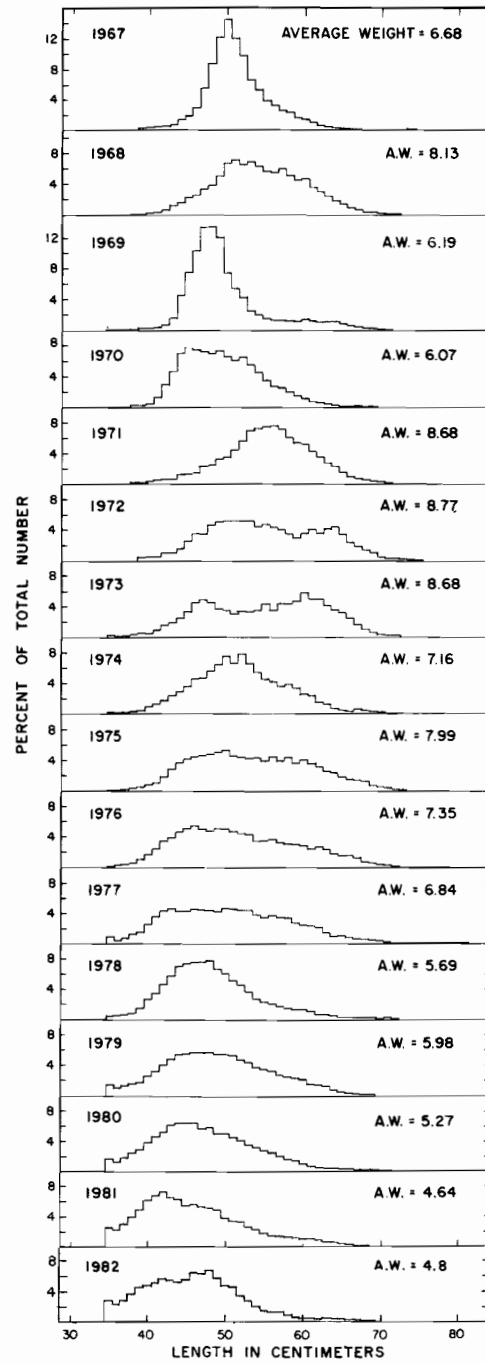


FIGURE 52. Length frequencies of skipjack caught in the CYRA, 1967-1982.

FIGURA 52. Las frecuencias de talla de los barriletes capturados en el ARCAA, 1967-1982.

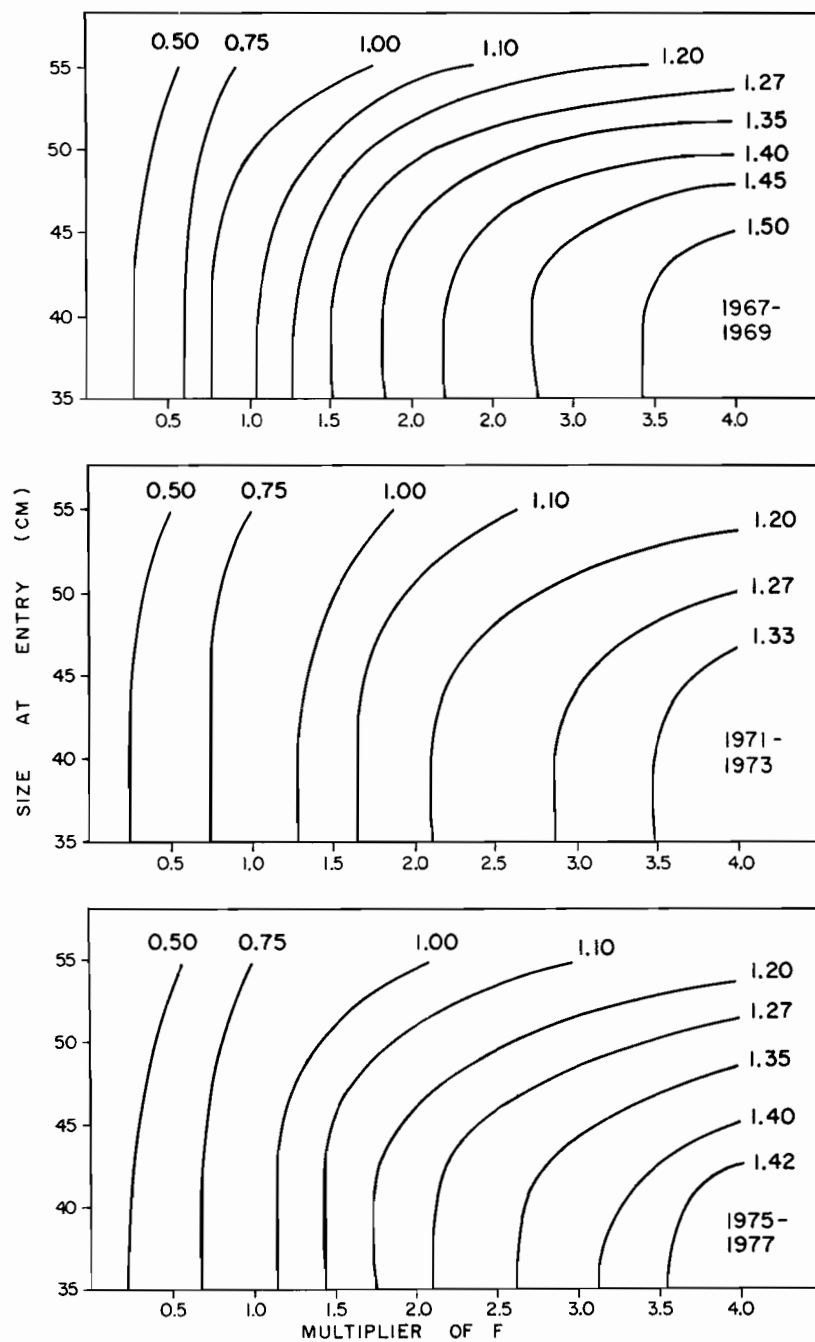


FIGURE 53. Relationships among size at entry, fishing effort, and yield per recruit for skipjack.

FIGURA 53. Relaciones entre la talla de entrada, el esfuerzo de pesca y el rendimiento por recluta del barrilete.

**TABLE 1.** Catches (in short tons) by the eastern Pacific tuna fleet, 1961 through 1982. (Page 19 for details).  
**TABLA 1.** Capturas (toneladas americanas) por la flota atunera del Pacífico oriental, 1961 hasta 1982. (Para detalles vea página 113 del texto.)  
 A. Catches of yellowfin, skipjack, and bigeye tuna<sup>1</sup> taken by this fleet in the Eastern Pacific Ocean east of 150°W.  
 A. Capturas de atún aleta amarilla, barrilete y patudo<sup>2</sup> obtenidas por esta flota en el Océano Pacífico oriental al este de los 150°W.

Year Año	CYRA									West of CYRA and and east of 150°W			Total eastern Pacific		
	Exclusive of experimental areas Sin las zonas experimentales			Experimental areas Zonas experimentales			Total			Al oeste del ARCAA, y al este de los 150°W			Total Pacífico oriental		
	YFT	SKJ	BET	YFT	SKJ	BET	YFT	SKJ	BET	YFT	SKJ	BET	YFT	SKJ	BET
1961	115,684	75,468	235	0	0	0	115,684	75,468	235	0	0	0	115,684	75,468	235
1962	87,159	78,376	361	0	0	0	87,159	78,376	361	0	0	0	87,159	78,376	361
1963	72,136	105,235	83	0	0	0	72,136	105,235	83	0	0	0	72,136	105,235	83
1964	101,389	65,455	75	0	0	0	101,389	65,455	75	0	0	0	101,389	65,455	75
1965	90,170	86,172	130	0	0	0	90,170	86,172	130	0	0	0	90,170	86,172	130
1966	91,511	66,669	294	0	0	0	91,511	66,669	294	0	0	0	91,511	66,669	294
1967	89,995	132,462	1,621	0	0	0	89,995	132,462	1,621	0	0	0	89,995	132,462	1,621
1968	114,492	78,329	2,820	0	0	0	114,492	78,329	2,820	1,207	3	0	115,699	78,332	2,820
1969	126,899	64,129	606	0	0	0	126,899	64,129	606	19,217	980	28	146,116	65,109	634
1970	142,626	55,247	1,460	0	0	0	142,627	55,247	1,460	30,679	6,458	9	173,306	61,705	1,469
1971	113,886	114,429	2,830	0	0	0	113,886	114,429	2,830	22,758	1,005	0	136,644	115,434	2,830
1972	152,535	35,536	2,467	0	0	0	152,535	35,536	2,467	44,768	1,248	0	197,303	36,784	2,467
1973	167,601	46,551	2,075	10,227	415	85	177,828	46,966	2,160	49,506	1,444	21	227,334	48,410	2,181
1974	187,666	83,286	953	3,931	786	7	191,597	84,072	960	40,988	2,776	20	232,585	86,848	980
1975	174,284	134,364	4,142	2,116	1,041	54	176,400	135,405	4,196	47,507	2,128	108	223,907	137,533	4,304
1976	182,083	136,837	11,179	28,583	2,908	458	210,666	139,781	11,637	50,738	1,076	0	261,404	140,857	11,637
1977	177,434	79,645	6,257	31,525	13,042	2,093	202,959	92,687	8,350	17,866	2,932	46	220,825	95,619	8,396
1978	167,938	178,072	10,806	14,839	6,583	1,490	182,777	184,655	12,296	15,715	3,011	241	189,492	187,666	12,537
1979	188,441	139,167	7,837	6,544	3,279	322	194,985	142,446	8,159	15,149	3,054	133	210,134	145,500	8,292
1980	135,729	116,576	14,838	11,267	8,210	1,123	146,996	124,786	15,961	29,340	19,361	409	176,336	144,147	16,370
1981	162,050	116,648	9,923	13,371	6,288	550	175,421	122,936	10,490	26,302	8,050	247	201,723	130,986	10,737
1982 <sup>2</sup>	106,940	97,883	2,565	11,595	8,065	1,639	118,535	105,948	4,204	19,794	3,179	218	138,329	109,127	4,422

<sup>1</sup> YFT (yellowfin), SKJ (skipjack), BET (bigeye).

<sup>1</sup> YFT (aleta amarilla), SKJ (barrilete), BET (patudo).

<sup>2</sup> Preliminary-preliminar.

TABLE 1. Continued

TABLA 1. Continuación

B. Catches of tunas and miscellaneous species taken by this fleet in the western Pacific and Atlantic Oceans and catches of tunas (except yellowfin, skipjack and bigeye) and miscellaneous species taken in the eastern Pacific Ocean.

B. Capturas de atunes y especies misceláneas obtenidas por la flota en el Océano Pacífico occidental y en el Océano Atlántico, y capturas de atunes (excluyendo aleta amarilla, barrilete y patudo) y especies misceláneas obtenidas en el Océano Pacífico oriental.

Year	Western Pacific Pacífico occidental			Atlantic Ocean Océano Atlántico				Eastern Pacific Pacífico oriental				Total <sup>1</sup>	
Año	YFT <sup>1</sup>	SKJ <sup>1</sup>	OS <sup>2</sup> OE	YFT <sup>1</sup>	SKJ <sup>1</sup>	BET <sup>1</sup>	OS <sup>2</sup> OE	BFT <sup>1</sup>	BEP <sup>1</sup>	ALB <sup>1</sup>	BKJ <sup>1</sup>	OS <sup>2</sup> OE	
1961	0	0	0	14	111	0	0	9,098	3,205	2,670	0	237	206,722
1962	0	0	0	0	0	0	0	12,420	3,575	1,292	0	193	183,376
1963	0	0	0	14	1,827	0	2,985	13,527	3,424	3,771	0	265	203,267
1964	0	0	0	0	4,361	0	3,159	10,161	7,384	3,671	5	248	195,908
1965	0	0	0	50	173	0	1,390	7,594	4,192	710	18	178	190,777
1966	0	0	0	0	4	0	124	17,524	4,909	2,160	10	466	183,671
1967	0	0	0	1,252	542	0	858	6,491	11,072	4,133	0	127	248,553
1968	0	0	0	7,371	4,213	17	0	6,587	8,772	4,955	0	139	228,905
1969	0	0	0	20,513	5,489	163	0	7,634	3,193	3,305	0	1	252,157
1970	0	227	0	10,320	13,094	215	1,790	4,373	5,223	4,934	0	30	276,686
1971	0	4	0	4,595	20,156	649	1,820	9,020	10,580	2,761	6	70	304,569
1972	0	0	0	14,158	14,797	234	1,094	13,892	9,781	5,327	663	404	296,904
1973	0	0	0	4,247	25,494	125	746	11,085	8,670	2,553	1,845	391	333,081
1974	35	0	0	6,326	21,308	957	178	5,270	4,889	5,232	4,128	1,086	369,822
1975	0	363	0	15,884	8,310	74	909	8,097	18,711	3,643	585	305	422,625
1976	247	5,482	2	2,509	2,842	43	469	11,641	4,871	3,644	1,673	1,226	448,493
1977	865	9,707	4	8,546	7,197	365	130	5,768	12,377	1,648	1,522	2,145	375,114
1978	24	8,102	49	11,474	9,382	274	369	5,903	5,331	1,355	2,373	898	444,229
1979	199	7,984	7	3,491	3,097	234	659	6,637	2,005	326	1,502	1,359	391,426
1980	297	5,886	0	4,843	4,455	222	32	3,164	6,746	417	4,219	1,051	368,185
1981	5,365	6,603	0	4,412	5,092	141	185	1,165	6,535	690	2,052	1,248	376,934
1982 <sup>4</sup>	5,755	10,593	63	6,488	3,570	380	1,286	3,349	2,312	548	1,459	793	288,474

<sup>1</sup> YFT (yellowfin), SKJ (skipjack), BET (bigeye), BFT (bluefin), BEP (bonito), ALB (albacore), BKJ (black skipjack).

<sup>2</sup> YFT (aleta amarilla), SKJ (barrilete), BET (patudo), BFT (atún de aleta azul), BEP (bonito), ALB (albacora), BKJ (barrilete negro).

<sup>3</sup> OS - other species including, *inter alia*, Atlantic little tuna, Atlantic blackfin tuna and bullet or frigate tuna (Auxis).

The catches of baitfish are not included.

<sup>2</sup> OE - otras especies que incluyen, entre otras, bacoreta del Atlántico, atún aleta negra del Atlántico y melvas (Auxis).

<sup>3</sup> Total - total for all species from all areas. for all of Table 1.

<sup>4</sup> Total - suma total de todas las especies en todas las zonas de la Tabla 1.

<sup>4</sup> Preliminary - preliminar.



**TABLE 2.** 1982 tuna fleet catches in the eastern Pacific Ocean by flag of vessel and landing.**TABLA 2.** Capturas en 1982, de la flota atunera en el Oceano Pacifico oriental por barco y país de descargue.

Area/flag Zona/bandera	Yellowfin A. amarilla	Skipjack Barrilete	Bigeye Patudo	Bluefin Aleta azul	Bonito Bonito	Albacore Albacora	Black skipjack Barrilete negro	Other Otras	Total Total	Percent of total % del total
<b>CYRA-ARCAA</b>										
<b>CATCH-CAPTURA</b>										
Bermuda	★									
Canada	★									
Cayman Isl.	2,917	973	0	0	0	0	0	0	3,890	1.6
Colombia	★									
Costa Rica	146	239	0	0	0	0	74	0	459	0.2
Ecuador	6,416	15,389	102	0	1	0	975	598	23,481	9.9
El Salvador	★									
Japan	944	0	0	0	0	0	0	0	944	0.4
Mexico	20,422	18,445	197	573	313	0	29	45	40,024	16.9
Panama	★									
Peru	30	2	0	0	0	0	0	0	32	0.0
Spain	1,061	1,746	42	0	0	0	2	0	2,851	1.2
U.S.A.	71,408	58,406	2,192	2,776	1,998	548	0	123	137,451	58.0
USSR	★									
Venezuela	★									
Total of ★	15,191	10,748	1,671	0	0	0	379	27	28,016	11.8
Total of CYRA	118,535	105,948	4,204	3,349	2,312	548	1,459	793	237,148	
<b>W. of CYRA</b>										
<b>E. of 150°W</b>										
Cayman Isl.	1,357	392	0	0	0	0	0	0	1,749	7.5
Mexico	455	13	0	0	0	0	0	0	468	2.0
Panama	867	121	69	0	0	0	0	0	1,057	4.6
U.S.A.	17,041	2,653	149	0	0	0	0	0	19,843	85.6
Venezuela	74	0	0	0	0	0	0	0	74	0.3
Total outside	19,794	3,179	218	0	0	0	0	0	23,191	
Total eastern Pacific	138,329	109,127	4,422	3,349	2,312	548	1,459	793	260,339	

**TABLE 2.** Continued  
**TABLA 2.** Continuación

Area/flag Zona/bandera	Yellowfin A. amarilla	Skipjack Barrilete	Bigeye Patudo	Bluefin Aleta azul	Bonito Bonito	Albacore Albacora	Black skipjack Barrilete negro	Other Otras	Total Total	Percent of total % del total
<b>CYRA</b>										
<b>LANDINGS-DESCARGUES</b>										
Canada									★	
Colombia									★	
Costa Rica	1,193	1,575	28	0	0	0	462	4	3,262	1.3
Ecuador	6,164	14,772	102	0	1	0	990	610	22,639	9.3
France	539	997	333	0	0	0	0	0	1,869	0.8
Italy	7,549	411	93	150	0	0	0	0	8,203	3.4
Japan	944	0	0	0	0	0	0	0	944	0.4
Mexico	18,427	16,918	790	373	455	0	7	45	37,015	15.2
Panama	238	16	1	0	0	0	0	0	255	0.1
Peru	30	2	0	0	0	0	0	0	32	0
Spain	2,842	1,397	17	0	0	0	0	0	4,256	1.7
U.S.A.	84,188	65,358	4,958	2,513	1,829	539	2	123	159,510	65.3
USSR									★	
Venezuela	973	547	13	0	0	0	0	0	1,533	0.6
Other	1,729	1,058	0	105	27	10	0	0	2,929	1.2
Total of ★	832	820	0	0	0	0	34	0	1,686	0.7
Total of CYRA	125,648	103,871	6,335	3,141	2,312	549	1,495	782	244,133	
<b>W. of CYRA</b>										
<b>E. of 150°W</b>										
Canada									★	
Costa Rica									★	
France	255	0	11	0	0	0	0	0	266	1.2
Italy	1,473	1	0	0	0	0	0	0	1,474	6.4
Spain	523	1	0	0	0	0	0	0	524	2.3
U.S.A.	17,205	2,957	186	0	0	0	0	0	20,348	89.1
Venezuela	176	0	0	0	0	0	0	0	176	0.8
Other and	43	13	0	0	0	0	0	0	56	0.2
Total of ★										
Total outside	19,675	2,972	197	0	0	0	0	0	22,844	
Total eastern Pacific	145,323	106,843	6,532	3,141	2,312	549	1,495	782	266,977	

**TABLE 3.** Logged yellowfin and skipjack tuna catches by major areas of the CYRA in thousands of short tons, 1978–1982.

**TABLA 3.** Capturas de atún aleta amarilla y barrilete registradas por zonas principales de pesca en el ARCAA, en millares de toneladas americanas, 1978–1982.

Area of catch Zona de captura	1978		1979		1980		1981	1982*
	NR	R	NR	R	NR	R	NR	NR
<b>Yellowfin – Aleta amarilla</b>								
N of 20°N	17.5	9.1	37.4	8.0	32.3	0.7	41.0	18.0
15°N–20°N	9.6	0.9	13.7	0.4	9.6	0.1	6.9	4.1
10°N–15°N	31.0	6.3	29.5	1.2	21.0	0.4	27.4	21.6
5°N–10°N	29.4	6.9	30.5	2.8	21.7	0.9	29.6	22.9
0°N– 5°N	7.1	4.0	5.7	3.2	2.8	0.0	3.9	6.2
South of 0°	4.2	4.7	18.9	10.3	14.0	2.2	25.0	7.0
Total	98.8	31.9	135.7	25.9	101.4	4.3	133.8	79.8
<b>Skipjack – Barrilete</b>								
N of 20°N	5.8	6.0	14.9	4.1	27.1	0.1	23.4	21.0
15°N–20°N	1.9	1.1	3.1	0.3	15.4	0.1	13.0	4.0
10°N–15°N	28.7	2.5	14.4	0.6	23.4	0.4	19.3	7.9
5°N–10°N	42.5	5.1	31.8	4.8	13.3	1.0	23.0	21.2
0°– 5°N	17.1	20.0	29.4	8.2	4.0	0.1	7.0	23.5
South of 0°	1.9	4.9	5.2	2.7	4.9	0.1	14.0	5.2
Total	97.9	39.6	98.8	20.7	88.1	1.8	99.7	82.8

NR = unregulated – no reglamentada

R = regulated – reglamentada

\* = preliminary – preliminar

**TABLE 4.** Number and carrying capacity (short tons) of fishing vessels operating in the eastern Pacific Ocean by flag, gear, and size class in 1982.

**TABLA 4.** Número y capacidad de acarreo (toneladas americanas) de las embarcaciones pesqueras que maniobraron en 1982, en el Océano Pacífico oriental, por bandera, arte y clase de arqueo.

Flag	Gear	Size class						Total no. of vessels	Total capacity
Bandera	Arte	Clase de arqueo						No. total de embarcaciones	Capacidad total
		1	2	3	4	5	6		
Bermuda	Seiner					2		2	612
Canada	Seiner				1			1	★
Cayman Isl.	Seiner					1		3	2,591
Costa Rica	Seiner	1					2	3	2,425
Ecuador	Seiner		8	12	5	2	2	29	5,462
	Baitboat	11						11	322
	Bolichera	1						1	★
El Salvador	Seiner						2	2	1,874
Mexico	Seiner				3	4	36	43	33,07
	Baitboat	3	4	5	1			13	1,00
Panama	Seiner						4	4	4
Spain	Seiner						3	3	3,5
U.S.A.	Seiner		13	4	7	4	95	123	104,125
	Baitboat	1	9	2				12	1,057
	Jigboat	4	1					5	★
USSR	Seiner						2	2	★
Venezuela	Seiner						5	5	5,702
Total of ★									3,033
All flags	Seiner	1	21	16	16	13	153	220	
	Baitboat	15	13	7	1			36	
	Bolichera and jig	5	1					6	
Total all gear		21	35	23	17	13	153	262	
<b>Capacity of vessels by size class</b>									
<b>Capacidad de las embarcaciones por clase de arqueo</b>									
Gear - Arte		1	2	3	4	5	6		Total
Seiner		25	1,811	2,199	3,975	4,701	154,978		167,689
Baitboat		512	1,019	936	222				2,689
Bolichera and jig		105	76						181
Total		642	2,906	3,135	4,197	4,701	154,978		170,559

**TABLE 5.** Catch per ton of carrying capacity by vessel size class for the international eastern Pacific Ocean purse seine fleet.**TABLA 5.** Captura por toneladas de capacidad de acarreo por clase de arqueo de las embarcaciones cerqueras que forman la flota internacional del Océano Pacífico oriental.

Year Año	Species Especies	Size class - Clase de arqueo								All Todas
		3	4	5	6	7	8	9	10	
1972	YFT	1.62	1.57	1.53	2.55	2.92	2.09	1.63	1.62	2.08
	SKJ	.77	.36	.67	.22	.40	.38	.42	.54	.42
	other	2.15	1.04	.70	.26	.08	.07	.05	.02	.30
	all	4.54	2.97	2.90	3.03	3.40	2.54	2.10	2.18	2.80
1973	YFT	1.89	1.67	1.89	2.12	2.72	2.08	1.66	1.22	1.88
	SKJ	.43	.33	.42	.36	.37	.42	.62	.74	.51
	other	1.70	.72	.62	.17	.09	.07	.08	.06	.20
	all	4.02	2.72	2.93	2.65	3.18	2.57	2.36	2.02	2.59
1974	YFT	2.05	1.96	1.85	1.75	2.10	1.43	1.74	1.14	1.65
	SKJ	.58	.78	.63	.72	.55	.64	.73	.96	.74
	other	1.53	.51	.39	.14	.00	.01	.03	.04	.12
	all	4.16	3.25	2.87	2.61	2.65	2.08	2.50	2.14	2.51
1975	YFT	2.04	2.14	1.82	1.89	2.03	1.09	1.52	1.06	1.51
	SKJ	1.40	1.53	.90	.79	.63	.81	.75	.83	.83
	other	1.96	1.17	.74	.38	.03	.21	.05	.04	.22
	all	5.40	4.84	3.46	3.06	2.69	2.11	2.32	1.93	2.56
1976	YFT	1.78	1.46	1.37	1.36	1.80	1.18	1.76	1.31	1.56
	SKJ	.91	1.41	.88	.92	.99	.79	.82	.58	.84
	other	.95	.71	.78	.25	.13	.13	.08	.13	.18
	all	3.64	3.58	3.03	2.53	2.92	2.10	2.66	2.12	2.58
1977	YFT	1.79	1.30	1.41	.93	1.61	1.02	1.34	1.27	1.31
	SKJ	1.24	.71	.58	.44	.59	.50	.52	.53	.55
	other	1.06	.95	.94	.31	.18	.09	.06	.05	.17
	all	4.09	2.96	2.93	1.68	2.38	1.61	1.92	1.85	2.03
1978	YFT	1.19	1.58	1.61	1.01	1.49	.97	1.18	.90	1.14
	SKJ	1.34	1.20	.98	.92	1.01	1.11	1.22	1.04	1.11
	other	.49	.56	.55	.24	.11	.10	.10	.07	.16
	all	3.02	3.34	3.14	2.17	2.61	2.18	2.50	2.01	2.41
1979	YFT	1.28	2.01	1.62	1.33	1.43	.97	1.14	.86	1.15
	SKJ	1.43	1.24	.87	.47	.91	.69	.83	.72	.81
	other	.40	.48	.28	.20	.06	.09	.08	.05	.11
	all	3.11	3.73	2.77	2.00	2.40	1.75	2.05	1.63	2.07
1980	YFT	.64	1.02	1.09	.85	1.16	.62	.98	1.00	.96
	SKJ	.36	.68	.82	.75	.98	.45	.82	.87	.80
	other	.73	.45	.33	.22	.07	.10	.11	.12	.15
	all	1.73	2.15	2.24	1.82	2.21	1.17	1.91	1.99	1.91
1981	YFT	.83	1.42	1.17	.94	1.29	1.00	1.34	1.13	1.22
	SKJ	.88	1.04	1.09	.78	.90	.43	.77	.85	.80
	other	.68	.51	.31	.06	.04	.06	.09	.06	.10
	all	2.39	2.97	2.57	1.78	2.23	1.49	2.20	2.04	2.12
1982*	YFT	.59	.98	.80	.71	.68	.72	.98	.94	.89
	SKJ	2.02	1.72	1.34	.75	.58	.51	.63	.69	.71
	other	.53	.19	.34	.07	.05	.02	.04	.06	.08
	all	3.14	2.89	2.47	1.53	1.31	1.25	1.65	1.69	1.68

\*preliminary - preliminar

**TABLE 6.** Analysis of variance for the standardization of catch rates.**TABLA 6.** Análisis de la varianza para la normalización de los índices de captura.

Source Origen	Degrees of freedom Grados de libertad	Sum of squares Suma de los cuadrados	Mean square Promedio de los cuadrados	F
Year within stratum Año dentro del estrato	36	1721.6	47.8	35.3
Stratum type Tipo de estrato	2	10.9	5.4	4.0
Capacity Capacidad	2	10.6	5.3	3.9
Quarter Trimestre	3	31.1	10.4	7.7
Aerial assistance Ayuda aérea	1	89.6	89.6	66.2
Capacity and stratum type interaction Interacción de la capacidad y tipo de estrato	4	24.1	6.0	4.4
Stratum type and quarter interaction Interacción del tipo de estrato y trimestre	6	74.1	12.4	9.1
Vessel speed Velocidad del barco	1	209.6	209.6	154.9
Sea-surface temperature Temperatura de la superficie del mar	1	126.0	126.0	93.0
Sea-surface temperature squared Temperatura de la superficie del mar al cuadrado	1	96.2	96.2	71.0
Net length Longitud de la red	1	10.9	10.9	8.0
Net depth in stratum type I Profundidad de la red en tipo de estrato I	1	10.1	10.1	7.5
Sea-surface temperature cubed Temperatura de la superficie del mar al cubo	1	78.2	78.2	57.8
Residual Residual	23,825	32,253.7	1.4	

**TABLE 7.** Releases of tagged bluefin in the western Pacific and returns of these fish in the western and eastern Pacific in 1980, 1981 and 1982.  
**TABLA 7.** Liberaciones de atún aleta azul marcado en el Pacífico occidental y devoluciones de estos peces en el Pacífico occidental y oriental en 1980, 1981 y 1982.

Year Class Generación	Release				Recapture					
	Area Zona	Gear Arte	Date Fecha	Number Cantidad	1980		1981		1982	
					Western Occidental	Eastern Oriental	Western Occidental	Eastern Oriental	Western Occidental	Eastern Oriental
1979	Southern Kyushu	troll	Jan.-	671	122	0	33	24	10	0
		curricán	Apr.80							
		trap	May 80	33	3	0	0	0	0	0
		trampa								
	Sea of Japan	trap	Jan.-	35	32	0	0	0	0	0
		trampa	Jul.80							
1980	Shikoku Island	troll	Aug.-	106	10	0	1	0	1	0
		curricán	Sep.80							
1981	Shikoku Island	troll	Jul.-	3,297	-	-	264	0	50	18
		curricán	Sep.81							
1982	Shikoku Island	troll	Jul.-	237	-	-	-	-	18	0
		curricán	Aug.82							

**TABLE 8.** Sex ratios of yellowfin captured by the longline fishery in Area I by 10 cm size classes from 1958-1961.

**TABLA 8.** Proporción de sexos del atún aleta amarilla capturado por la pesca palangrera en la Zona I por intervalos de talla de 10 cm, de 1958 a 1961.

Length class (cm) Talla (cm)	Males Machos	Females Hembras	Percent male % de machos	Chi-square Ji cuadrado
82-89	1	2	33.3	0.333
90-99	6	1	85.7	3.571
100-109	35	25	58.3	1.667
110-119	57	44	56.4	1.673
120-129	70	76	47.9	0.247
130-139	270	369	42.3	15.338**
140-149	564	525	51.8	1.397
150-159	612	205	74.9	202.753**
160-169	337	17	95.2	289.265**
170-179	30	1	96.8	27.129**
180-189	2	0	100.0	2.000
Total	1984	1265	61.1	159.114**

**TABLE 9.** Sex ratios of yellowfin captured by the longline fishery in Area II by 10 cm size classes from 1958-1961.

**TABLA 9.** Proporción de sexos del atún aleta amarilla capturado por la pesca palangrera en la Zona II por intervalos de talla de 10 cm, de 1958 a 1961.

Length class (cm) Talla (cm)	Males Machos	Females Hembras	Percent male % de machos	Chi-square Ji cuadrado
82-89	17	9	65.4	2.461
90-99	80	73	52.3	0.320
100-109	147	98	60.0	9.800**
110-119	659	449	59.5	39.801**
120-129	1610	1211	57.1	56.434**
130-139	2047	1874	52.2	7.633**
140-149	2189	1724	55.9	55.258**
150-159	1616	802	66.8	274.026**
160-169	679	83	89.1	466.163**
170-179	28	2	93.3	33.533**
Total	9072	6325	58.9	490.096**



**TABLE 10.** Sex ratios of yellowfin captured by the surface fishery in Area III by 10 cm size classes from 1970-1973.

**TABLA 10.** Proporción de sexos del atún aleta amarilla capturado por la pesca epipelágica en la Zona III por intervalos de talla de 10 cm, de 1970 a 1973.

Length class (cm) Talla (cm)	Males Machos	Females Hembras	Percent male % de machos	Chi-square Ji cuadrado
63-69	16	0	100.0	16.000**
70-79	64	52	55.2	1.241
80-89	190	165	53.5	1.761
90-99	431	434	49.8	0.010
100-109	475	475	50.0	0.000
110-119	267	273	49.4	0.067
120-129	260	257	50.3	0.017
130-139	218	196	52.7	1.169
140-149	127	56	69.4	27.546**
150-159	80	9	89.9	56.640**
160-169	13	0	100.0	13.000**
Total	2141	1917	52.7	12.365**

**TABLE 11.** Sex ratios of yellowfin captured by the surface fishery in Area IV by 10 cm size classes from 1958-1961.

**TABLA 11.** Proporción de sexos del atún aleta amarilla capturado por la pesca epipelágica en la Zona IV por intervalos de talla de 10 cm, de 1958 a 1961.

Length class (cm) Talla (cm)	Males Machos	Females Hembras	Percent male % de machos	Chi-square Ji cuadrado
63-69	90	70	56.3	2.500
70-79	285	263	52.0	0.883
80-89	257	252	50.5	0.049
90-99	262	268	49.4	0.068
100-109	137	126	52.1	0.460
110-119	106	98	52.0	0.314
120-129	105	89	54.1	1.319
130-139	85	61	58.2	3.945*
140-149	35	15	70.0	8.000**
150-159	20	2	90.9	14.727**
160-169	6	0	100.0	6.000*
170-179	3	0	100.0	3.000
180-189	3	0	100.0	3.000
Total	1394	1244	52.8	8.529**

**TABLE 12.** Sex ratios of yellowfin captured by the surface fishery in Area V by 10 cm size classes from 1958-1961.**TABLA 12.** Proporción de sexos del atún aleta amarilla capturado por la pesca epipelágica en la Zona V por intervalos de talla de 10 cm, de 1958 a 1961.

Length class (cm) Talla (cm)	Males Machos	Females Hembras	Percent male % de machos	Chi-square Ji cuadrado
63-69	666	662	50.1	0.012
70-79	1419	1351	51.2	1.669
80-89	1185	1130	51.2	1.307
90-99	892	823	52.0	2.776
100-109	738	687	51.8	1.825
110-119	477	480	49.8	0.009
120-129	355	297	54.4	5.159*
130-139	203	149	57.7	8.284**
140-149	158	36	81.4	76.722**
150-159	63	5	92.6	49.471**
160-169	16	0	100.0	16.000**
170-179	4	0	100.0	4.000*
Total	6176	5615	52.4	26.692**

**TABLE 13.** Sampling information, estimated trophic level, and  $\delta^{13}\text{C}$  of principal components of the pelagic food web in the eastern Pacific Ocean.  $\delta^{13}\text{C}$  values are replicate runs on composites of muscle tissue from the corresponding number of individuals listed.

**TABLA 13.** Información del muestreo, nivel trófico estimado y  $\delta^{13}\text{C}$  de los componentes principales de la trama alimenticia pelágica del Océano Pacífico oriental. Los valores  $\delta^{13}\text{C}$  son réplicas de las pasadas de tejidos musculares mixtos del número correspondiente mencionado de individuos.

Species	Number of individuals	Collection		Trophic level	Muscle $\delta^{13}\text{C}$ (o/oo)
		Date	Location		
Especies	Cantidad de individuos	Recolección		Nivel trófico	Músculo $\delta^{13}\text{C}$ (o/oo)
		Fecha	Localidad		
Zooplankton – zooplancton		4/14/80 to 4/29/80	5°43'–12°27'N 85°12'–89°32'W	2.0	–19.9, –20.1 <sup>1</sup> –20.6
Flyingfish – peces voladores ( <i>Oxyporhamphus micropterus</i> , <i>Exocoetus</i> sp.)	7	10/22/78 to 11/02/78 12/78	3°18'–3°38'N 78°36'–90°13'W 4°02'N–93°13'W	3.0 3.0	–16.7, –16.6 –16.7, –16.7
Squid – calamares ( <i>Symplectoteuthis oualaniensis</i> )	6	4/11/80	5°56'N–86°45'W	3.1	–17.6, –17.7
Frigate tuna – melvas ( <i>Auxis thazard</i> )	1 1	4/26/80 4/29/80	11°14'N–87°52'W 12°30'N–89°38'W	3.5 3.5	–16.6, –16.5 –16.3, –16.3
Skipjack tuna – barrilete ( <i>Katsuwonus pelamis</i> )	9	4/15/80	5°41'N–87°02'W	4.0	–16.1
Yellowfin tuna – aleta amarilla ( <i>Thunnus albacares</i> )	7	4/13/80	5°52'N–81°56'W	4.3	–16.1, –16.2
Silky shark – tiburón lustrado ( <i>Carcharhinus falciformis</i> )	1 1	4/21/80 4/21/80	6°31'N–85°01'W 6°31'N–85°01'W	4.5 4.5	–15.8, –15.8 –15.8, –15.9

<sup>1</sup> Whole organisms analyzed.

<sup>1</sup> Se analizaron los organismos enteros.

**TABLE 14.** Numbers (N) of baitboats and purse seiners of Ecuadorian registry, fleet capacities (Cap.) in short tons, catches, and catch-per-boat (CPB) and catch-per-fleet-capacity (CPFC) for skipjack and yellowfin caught by baitboats. Baitboats are Class-1 ( $\leq 50$  tons of capacity), with exceptions indicated by the letters a-c. Purse seiners are of various classes. Catches of skipjack and yellowfin landed in Ecuador by baitboats include a small proportion of catches in some years by vessels not of Ecuadorian registry. All catches are in short tons.

**TABLA 14.** Número de barcos de carnada y de cerqueros inscritos en el Ecuador y capacidad (Cap.) de la flota en toneladas americanas, captura por barco (CPB) y captura por capacidad de la flota (CPFC) de barrilete y aleta amarilla obtenida por los barcos de carnada. Los barcos de carnada son de la clase-1 de arqueo ( $\leq 50$  toneladas de capacidad) con excepciones indicadas por las letras a-c. Las embarcaciones cerqueras son de varias clases. Las capturas de barrilete y aleta amarilla descargadas en el Ecuador por los barcos de carnada incluyen en algunos años una pequeña proporción de capturas de barcos que no son ecuatorianos. Todas las capturas son en toneladas americanas.

Year Año	Baitboats Barcos de carnada								Purse Seiners Barcos cerqueros			
	Fleet Flota		Skipjack Barrilete			Yellowfin Aleta amarilla			Fleet Flota		Catch Captura	
	N	Cap.	Catch	CPB	CPFC	Catch	CPB	CPFC	N	Cap.	Skipjack Barrilete	Yellowfin A. amarilla
	N	Cap.	Captura	CPB	CPCF	Captura	CPB	CPCF	N	Cap.		
1957	17	325	1,460	86	4.5	28	2	0.1				
1958	15	260	2,944	196	11.3	61	4	0.2				
1959	21	400	8,192	390	20.5	569	27	1.4				
1960	34	680	7,124	209	10.5	609	18	0.9				
1961	33	615	12,242	371	19.9	763	23	1.2				
1962	38	750	10,941	288	14.6	922	24	1.2				
1963	36	655	13,361	371	20.4	992	28	1.5				
1964	53	1,085	9,833	186	9.1	989	19	0.9				
1965	55	1,113	14,215	258	12.8	619	11	0.6				
1966	55	1,093	10,361	188	9.5	1,105	20	1.0				
1967	59	1,198	17,169	291	14.3	2,603	44	2.2				
1968	60	1,345	13,617	227	10.1	3,926	65	2.9	1	100	150	280
1969	57a	1,330	15,500	272	11.6	2,066	19	1.6	3	732	1,195	1,020
1970	59a	1,685	7,527	128	4.5	5,520	94	3.3	7	1,062	1,787	2,279
1971	56a	1,705	10,324	184	6.1	4,352	78	2.6	8	1,137	2,130	3,048
1972	55a	1,760	2,870	52	1.6	1,755	32	1.0	11	1,551	1,865	1,292
1973	51a	1,695	2,904	57	1.7	1,749	34	1.0	13	1,960	1,528	3,196
1974	50a	1,675	4,521	90	2.7	4,766	95	2.8	15	2,302	3,672	5,507
1975	43a	1,497	7,784	181	5.2	3,257	76	2.2	18	2,677	10,580	8,295
1976	38b	1,384	1,905	50	1.4	965	25	0.7	23	3,407	4,783	4,486
1977	27c	384	3,903	145	4.7	464	17	0.6	26	3,777	7,222	6,365
1978	20	611	1,737	87	2.8	521	26	0.8	40	6,235	11,287	7,188
1979	11	327	1,797	163	5.5	226	21	0.7	41	7,643	17,483	10,506
1980	12	357	2,484	207	7.0	66	6	0.2	41	8,310	5,655	6,923
1981	11	328	1,470	135	4.5	653	59	2.0	36	7,055	8,918	8,129

Note: a - includes two class-3 vessels; b - includes one class-2 vessel and two class-3 vessels; c - includes one class-2 vessel

Nota: a - incluye dos barcos de la clase 3 de arqueo; b - incluye un barco de la clase 2 de arqueo y dos barcos de la clase 3; c - incluye un barco de la clase 2 de arqueo.

**TABLE 15.** A summary of growth rates from a bluefin tuna tagging experiment initiated in Japan during Aug.-Sept. 1981, comparing rates for oxytetracycline (OTC) injected fish, non-OTC injected fish, and OTC injected fish used in the validation study described in the text. Rates are based on months of  $365 \div 12 = 30.4$  days.

**TABLA 15.** Un sumario de los índices de crecimiento del atún aleta azul en un experimento de marcado iniciado en el Japón durante agosto-septiembre de 1981, en el que se comparan los índices de los peces inyectados con oxitetraciclina (OTC), peces no inyectados con OTC y peces inyectados con OTC, usados en el estudio de revalidación descrito en el texto. Los índices se basan en meses de  $365 \div 12 = 30.4$  días.

OTC INJECTED FISH PECES INYECTADOS CON OTC						
Days free		Mean length Media de longitud		Mean length	Mean days free	Growth rate (cm/mo)
Días en libertad	N	Release Liberación	Recapture Recaptura	Media longitud	Media de los días en libertad	Indice de crecimiento (cm/mes)
1-30	6	21.8	24.8	3.0	18.6	4.90
31-60	15	21.3	33.4	12.1	43.7	8.42
61-90	21	21.2	38.5	17.3	73.8	7.13
91-120	29	21.4	44.4	23.0	108.5	6.44
121-150	10	20.3	45.7	25.4	129.5	5.96
151-180	3	22.3	48.0	25.7	163.7	4.77
181-210	0	-	-	-	-	-
211-240	1	20.0	50.0	30.0	236.0	3.86
241-270	0	-	-	-	-	-
271-300	0	-	-	-	-	-
301-330	4	21.8	62.8	41.0	316.8	3.93
331-360	2	25.0	64.5	39.5	341.0	3.52
NON-OTC INJECTED (CONTROL) FISH PECES NO INYECTADOS CON OTC						
1-30	7	20.6	24.9	4.3	19.0	6.88
31-60	12	20.4	31.9	11.5	45.2	7.73
61-90	22	20.3	39.1	18.8	79.8	7.16
91-120	37	21.1	44.4	23.3	108.1	6.55
121-150	21	20.8	46.6	25.8	130.4	6.01
151-180	2	21.5	49.0	27.5	156.5	5.34
181-210	3	17.7	51.2	33.5	199.6	5.10
211-240	0	-	-	-	-	-
241-270	0	-	-	-	-	-
271-300	1	20.0	66.0	46.0	330.0	4.24
301-330	5	21.8	63.6	41.8	322.6	3.94
331-360	4	23.0	68.5	45.5	342.0	4.04
361-390	0	-	-	-	-	-
391-420	2	19.5	65.2	46.7	400.5	3.54
OTC INJECTED FISH, USED IN VALIDATION STUDY PECES INYECTADOS CON OTC, USADOS EN EL ESTUDIO DE REVALIDACION						
1-30	1	19.0	23.2	4.2	30.0	4.26
31-60	2	23.3	38.0	14.7	54.0	8.28
61-90	8	21.3	38.9	17.6	76.0	7.04
91-120	12	21.4	44.9	23.5	110.6	6.46
121-150	4	19.5	47.3	27.8	128.3	6.59
301-330	1	22.0	63.0	41.0	319.0	3.91
331-360	1	24.0	68.0	44.0	333.0	4.02

**TABLE 16.** Estimated purse seine catch of yellowfin associated with dolphins in the eastern Pacific east of 150°W.**TABLA 16.** Captura estimada del aleta amarilla asociada con delfines, obtenida por cerqueros en el Pacífico oriental al este de 150°W.

Year	Estimated catch by purse seine of yellowfin associated with dolphins	Total estimated yellowfin catch from all gears	% of catch of yellowfin associated with dolphins
Año	Captura estimada de aleta amarilla asociada con delfines obtenida por cerqueros	Captura total estimada de atún aleta amarilla obtenida por todas las artes	% de captura de atún aleta amarilla asociada con delfines
1973	149,166	227,334	65.6
1974	119,773	232,346	51.6
1975	133,995	223,907	59.8
1976	141,992	261,404	54.3
1977	120,004	220,825	54.3
1978	67,276	198,492	33.9
1979	90,645	210,134	43.3
1980	85,191	176,336	48.3
1981	94,275	201,673	46.8
1982 <sup>1</sup>	60,016	107,062	56.1

<sup>1</sup> Preliminary estimate made January 21, 1983.<sup>1</sup> Estimación preliminar hecha el 21 de enero de 1983.

**TABLE 17.** Number of trips sampled by the Commission's data collection program of countries whose registered vessels fished for tuna associated with dolphins, 1979-1981.

**TABLA 17.** Países cuyos barcos inscriptos realizaron lances sobre delfines y número de viajes en los que se realizaron lances sobre delfines muestreados por la Comisión, 1979-1981.

Country País	1979	1980	1981
Bermuda	- <sup>1</sup>	0	0
British Grand Cayman Islands	-	0	0
Canada	2	-	0
Congo	0	-	-
Costa Rica	1 (1) <sup>2</sup>	3	1
Ecuador	0	0	0
Korea, Republic of	0	0	-
Mexico	1	0	0
Netherlands Antilles	0	0	0
New Zealand	0	1	-
Nicaragua	1	-	-
Panama	3 (1) <sup>2</sup>	2	3
Portugal	-	-	0
El Salvador	-	-	0
Senegal	0	0	-
Spain	0	0	0
United States of America	31 + 67 <sup>3</sup>	55 + 43 <sup>3</sup>	58 + 34 <sup>3</sup>
Venezuela	0	2	0

<sup>1</sup> Dashes (-) indicate that no trips made dolphin sets.

<sup>2</sup> Numbers in parenthesis are additional sampled trips in which no dolphin sets were made.

<sup>3</sup> Trips sampled by the US National Marine Fisheries Service.

<sup>1</sup> El guión (-) indica que en los viajes no se realizaron lances sobre delfines.

<sup>2</sup> Las cifras entre paréntesis son de otros viajes muestreados en los que no se realizaron lances sobre delfines.

<sup>3</sup> Viajes muestreados por el National Marine Fisheries Service de los EEUU.

**TABLE 18.** Estimates of the total number of dolphin sets, total tons of tuna caught in dolphin sets, total number of trips during which dolphin sets were made and sampling intensity of trips for the US and non-US fleets, 1979-1981.

**TABLA 18.** Número total de lances sobre delfines, tonelaje total capturado de atún en lances con delfines, número total de viajes en los que se realizaron lances sobre delfines e intensidad de muestreo en los viajes de la flota de los EEUU y de la flota no perteneciente a los EEUU.

Year  Año	Total number of dolphin sets No. total de lances sobre delfines		Total tons of tuna caught in dolphin sets Tonelaje total capturado de atún en lances		Total number of trips which made dolphin sets No. total de viajes en que se realizaron lances sobre delfines		Sampling intensity of trips Intensidad de muestreo en los viajes	
	US EEUU	Non-US Otros	US EEUU	Non-US Otros	US EEUU	Non-US Otros	US EEUU	Non-US Otros
1979	6197	2355	65954	24691	206	152	47.6%	5.3%
1980	5259	2707	59458	25733	195	163	50.3%	4.9%
1981	5635	2646	63571	29028	192	149	47.9%	2.7%



**TABLE 19.** Observed number of trips, number of sets, tonnage of tuna and dolphin kill by species from sampled trips of the US and non-US fleets, 1979–1981.

**TABLA 19.** Número de viajes, número de lances, tonelaje por especies de atunes y delfines muertos, de los viajes muestreados de la flota de los EEUU y de las flotas de otros países, 1979–1981.

Year	Fleet	Trips	Sets	Tons	Dolphin kill Mortalidad de delfines							Total
					Offshore spotted	Eastern spinner	White-belly spinner	Unident. spinner	Common	Striped	Other + unident.	
Año	Flota	Viajes	Lances	Ton.	Machado de altura	Tornillo oriental	Tornillo panza blanca	Tornillo sin ident.	Común	Listado	Otros + sin ident.	Total
1979	US	98	2951	31287	3876	506	891	91	2087	106	242	7799
	Non-US	8	110	1875	158	3	16	0	115	13	0	305
1980	US	98	2154	22284	4688	293	1605	56	164	37	118	6961
	Non-US	8	110	888	429	57	292	1	269	21	0	1069
1981	US	92	2277	24814	4592	653	1331	26	539	25	63	7229
	Non-US	4	79	1508	657	10	88	29	4	0	70	958

**TABLE 20.** Estimates of mortality, with standard errors in parentheses, calculated using the kill-per-set ratio estimator.**TABLA 20.** Estimaciones de la mortalidad, con los errores normales entre paréntesis, calculados usando la razón de la mortalidad por lance.

Dolphins	US		Non-US		US + Non-US		Unstratified	
Delfines	EEUU		Otros		EEUU + Otros		Sin estratificar	
1979								
Offshore spotted <sup>1</sup>	8140	(1041)	3383	(1365)	11523	(1717)	11270	(1948)
Eastern spinner <sup>2</sup>	1063	(207)	64	(41)	1127	(211)	1422	(385)
Whitebelly spinner <sup>3</sup>	1871	(524)	343	(300)	2214	(604)	2534	(976)
Unidentified spinner <sup>4</sup>	191	(98)	0	-	191	(98)	254	(183)
Common <sup>5</sup>	4383	(1082)	2462	(2673)	6845	(1993)	6152	(2028)
Striped <sup>6</sup>	223	(65)	278	(251)	501	(259)	333	(126)
Others & Unidentified <sup>7</sup>	508	(136)	0	-	508	(136)	676	(253)
All dolphins <sup>8</sup>	16378	(1614)	6530	(2194)	22908	(2724)	22641	(3021)
1980								
Offshore spotted	11446	(1451)	10557	(2655)	22003	(3026)	18044	(2966)
Eastern spinner	715	(85)	1403	(1085)	2118	(1088)	1232	(232)
Whitebelly spinner	3919	(829)	7168	(4290)	11105	(4369)	6675	(1806)
Unidentified spinner	137	(33)	25	(20)	162	(39)	201	(67)
Common	400	(94)	6620	(4214)	7020	(4215)	1524	(673)
Striped	90	(29)	517	(357)	607	(358)	204	(79)
Others & Unidentified	288	(103)	0	-	288	(136)	415	(209)
All dolphins	16995	(1679)	26307	(6672)	43302	(6880)	28254	(3552)
1981								
Offshore spotted	11364	(1304)	22005	(20203)	33369	(20245)	18450	(3098)
Eastern spinner	1616	(346)	335	(333)	1951	(480)	2330	(691)
Whitebelly spinner	3294	(516)	2947	(3049)	6241	(3092)	4988	(1057)
Unidentified spinner	64	(18)	971	(1041)	1035	(1041)	193	(94)
Common	1334	(279)	134	(144)	1468	(314)	1909	(558)
Striped	62	(22)	0	-	62	(29)	88	(44)
Others & Unidentified	156	(21)	2345	(1815)	2501	(1815)	468	(175)
All dolphins	17890	(1471)	28738	(20542)	46628	(20595)	28425	(3397)
1979-1981 COMBINED								
Offshore spotted	30459	(2237)	32069	(12642)	65528	(12838)	46492	(4700)
Eastern spinner	3362	(404)	1805	(1283)	5167	(1345)	4914	(807)
Whitebelly spinner	8860	(1128)	10209	(5625)	19069	(5737)	13634	(2327)
Unidentified spinner	401	(103)	773	(645)	1174	(653)	655	(217)
Common	6460	(1108)	10002	(5391)	16462	(5504)	10261	(2274)
Striped	389	(73)	877	(505)	1266	(510)	652	(157)
Others & Unidentified	979	(172)	1805	(1238)	2784	(1250)	1592	(372)
All dolphins	50910	(2777)	57539	(14980)	108449	(15235)	78200	(5791)

<sup>1</sup>Offshore spotted = Manchado de altura<sup>2</sup>Eastern spinner = Tornillo oriental<sup>3</sup>Whitebelly spinner = Tornillo panza blanca<sup>4</sup>Unident. spinner = Tornillo sin ident.<sup>5</sup>Common = Común<sup>6</sup>Striped = Listado<sup>7</sup>Others & Unident. = Otros sin ident.<sup>8</sup>All dolphins = Todos los delfines

**TABLE 21.** Estimates of mortality, with standard errors in parentheses, calculated using the kill-per-ton ratio estimator.**TABLA 21.** Estimaciones de la mortalidad, con los errores normales entre paréntesis, calculados usando la razón de la mortalidad por tonelada.

Dolphins	US		Non-US		US + Non-US		Unstratified	
Delfines	EEUU		Otros		EEUU + Otros		Sin estratificar	
1979								
Offshore spotted	8170	(999)	2081	(1336)	10251	(1668)	11025	(1869)
Eastern spinner	1067	(212)	40	(41)	1107	(216)	1391	(395)
Whitebelly spinner	1878	(515)	211	(278)	2089	(585)	2479	(960)
Unidentified spinner	192	(100)	0	-	192	(100)	249	(186)
Common	4399	(1084)	1514	(1592)	5913	(1926)	6018	(2030)
Striped	223	(65)	171	(224)	394	(234)	325	(127)
Others & Unidentified	510	(135)	0	-	510	(135)	661	(251)
All dolphins	16483	(1586)	4016	(2109)	20454	(2639)	22149	(2967)
1980								
Offshore spotted	12509	(1376)	12432	(2966)	14941	(3270)	18813	(2814)
Eastern spinner	782	(90)	1652	(1319)	2434	(1322)	1287	(246)
Whitebelly spinner	4282	(820)	8462	(2441)	12744	(2575)	6974	(1775)
Unidentified spinner	149	(33)	29	(24)	178	(41)	210	(67)
Common	438	(93)	7795	(5418)	8233	(5419)	1592	(682)
Striped	99	(29)	609	(451)	708	(452)	213	(79)
Others & Unidentified	315	(102)	0	-	315	(102)	434	(205)
All dolphins	18573	(1611)	30978	(6786)	49551	(6975)	29522	(3413)
1981								
Offshore spotted	11764	(1098)	12647	(9238)	24411	(9303)	18466	(2513)
Eastern spinner	1673	(353)	193	(436)	1866	(561)	2332	(708)
Whitebelly spinner	3410	(458)	1694	(1588)	5104	(1653)	4992	(923)
Unidentified spinner	67	(19)	558	(1386)	625	(1386)	194	(96)
Common	1381	(288)	77	(191)	1458	(346)	1910	(575)
Striped	64	(22)	0	-	64	(22)	88	(44)
Others & Unidentified	161	(22)	1348	(2487)	1509	(2487)	468	(177)
All dolphins	18520	(1275)	16516	(9807)	35036	(9890)	28450	(2836)
1979- 1981 COMBINED								
Offshore spotted	31719	(2069)	23142	(9545)	54861	(9767)	46766	(4276)
Eastern spinner	3501	(412)	1302	(1421)	4803	(1480)	4943	(826)
Whitebelly spinner	9227	(1094)	7367	(5343)	16594	(5454)	13715	(2249)
Unidentified spinner	417	(104)	558	(698)	975	(706)	659	(221)
Common	6727	(1111)	7218	(6089)	13945	(6190)	10321	(2288)
Striped	405	(74)	633	(540)	1038	(545)	656	(158)
Others & Unidentified	1020	(170)	1302	(1306)	2322	(1317)	1601	(370)
All dolphins	53015	(2632)	41521	(12697)	94536	(12967)	78661	(5428)

**TABLE 22.** Results of Monte Carlo simulation study showing biases in average estimated standard errors as ratios of population standard errors and empirical 95% confidence intervals as proportions of population standard errors.

**TABLA 22.** Resultados del estudio de simulación Monte Carlo presentando sesgos en el promedio estimado de los errores normales como razón de los errores normales de la población e intervalos empíricos de confianza del 95% como proporción de los errores normales de la población.

	Number of trips in population	Number of sample trips	Bias in average est. S.E.	Empirical 95% confidence intervals		% of estimates which were zero
Dolphins				lower	upper	
Delfines	Número de viajes en la población	Número de viajes muestreados	Sesgo en el promedio esti- mado del E.N.	Intervalo empírico de confianza del 95% bajo	alto	% de las estimaciones que fueron zero
(a) KILL-PER-SET ESTIMATOR						
(a) ESTIMADOR DE LA MORTALIDAD POR LANCE						
Offshore spotted	196	96	1.00	-1.89	+1.95	
	190	96	1.00	-1.87	+1.93	
	190	96	1.00	-1.94	+1.97	
	164	8	0.93	-1.22	+2.64	
	144	8	0.94	-0.92	+2.98	
	164	4	0.87	-0.98	+2.80	
	144	4	0.90	-0.52	+3.13	
Common	196	96	1.00	-1.87	+1.95	
	190	96	1.00	-1.89	+2.27	
	190	96	1.00	-1.87	+1.97	
	164	8	0.93	-	+3.16	20.34
	144	8	0.96	-	+3.15	9.27
	164	4	0.90	-	+3.42	45.93
	144	4	0.91	-	+3.42	30.87
(b) KILL-PER-TON ESTIMATOR						
(b) ESTIMADOR DE LA MORTALIDAD POR TONELADA						
Offshore spotted	196	96	0.99	-1.88	+1.94	
	190	96	0.98	-1.89	+1.91	
	190	96	0.98	-1.97	+1.95	
	164	8	0.91	-1.40	+2.47	
	144	8	0.91	-0.94	+3.11	
	164	4	0.80	-1.15	+2.59	
	144	4	0.82	-0.69	+2.67	
Common	196	96	1.00	-1.86	+1.95	
	190	96	1.00	-1.87	+2.30	
	190	96	0.99	-1.85	+1.99	
	164	8	0.88	-	+3.16	20.34
	144	8	0.93	-	+3.13	9.27
	164	4	0.64	-	+2.39	45.93
	144	4	0.81	-	+3.12	30.87

**TABLE 23.** Estimates of mortality for 1982 with standard errors in parentheses.**TABLA 23.** Estimaciones de la mortalidad en 1982 con los errores normales entre paréntesis.

Dolphins Delfines	US EEUU		Non-US Otros		US + Non-US EEUU + Otros		Unstratified Sin estratificar	
(a) KILL-PER-SET ESTIMATOR								
(a) ESTIMADOR DE LA MORTALIDAD POR LANCE								
Offshore spotted	15590	(2097)	3847	(2385)	19437	(3176)	20928	(3008)
Eastern spinner	1907	(721)	446	(272)	2353	(771)	2553	(1011)
Whitebelly spinner	3968	(875)	404	(224)	4372	(903)	5156	(1232)
Unidentified spinner	97	(58)	0	-	97	(58)	123	(81)
Common	414	(183)	106	115	520	(216)	557	(257)
Striped	471	(409)	117	(110)	588	(424)	632	(572)
Others & Unidentified	617	(234)	159	(118)	776	(262)	830	(329)
All dolphins	23064	(2438)	5079	(2419)	28143	(3434)	30778	(3478)
(b) KILL-PER-TON ESTIMATOR								
(b) ESTIMADOR DE LA MORTALIDAD POR TONELADA								
Offshore spotted	19058	(2003)	3189	(2698)	22247	(3360)	23992	(2939)
Eastern spinner	2332	(741)	370	(271)	2702	(789)	2927	(1040)
Whitebelly spinner	4851	(890)	335	(269)	5186	(930)	5911	(1260)
Unidentified spinner	118	(59)	0	-	118	(59)	141	(83)
Common	506	(191)	88	121	594	(226)	638	(269)
Striped	575	(414)	97	(89)	672	(423)	725	(579)
Others & Unidentified	754	(236)	132	(132)	886	(270)	952	(332)
All dolphins	28194	(2371)	4210	(2732)	32404	(3617)	35285	(3440)

**TABLE 24.** Summary of length of transect lines and number of sightings for each year.**TABLA 24.** Resumen anual de la longitud de las derrotas y del número de observaciones.

Year	Total line length searched (in nm)	Total number of sightings	Sightings "on effort"	"Unknown" sightings (see below)	Sightings "on effort" with dolphins present	Perpendicular distance absent
Año	Derrota total explorada (en mn)	Numero total de observaciones	Observaciones "del esfuerzo"	Observaciones "desconocidas" (véase más abajo)	Observaciones "del esfuerzo" con delfines	No se tiene distancia perpendicular
1977	411,076	12,633	8,936 (71%)	109	7,022 (79%)	264
1978	247,933	12,563	5,723 (46%)	124	4,065 (71%)	112
1979	152,015	10,706	3,678 (34%)	82	2,775 (75%)	40
1980	412,179	12,181	7,369 (60%)	92	5,865 (80%)	129
1981	388,762	11,845	7,623 (64%)	102	6,035 (79%)	107

"Unknown" sightings are those which could not be identified to either whales or dolphins.

Las observaciones "desconocidas" son aquellas donde no se pudo identificar si eran ballenas o delfines.

**TABLE 25.** Improvement in number of sightings available for analyses by including those identified by the crew but not by the technician.**TABLA 25.** Aumento en el número de las observaciones disponibles para los análisis al incluir aquellas identificadas por la tripulación pero no por el técnico.

Sightings with dolphins (whether identified to species or not) seen by technician or crew Observaciones con delfines (ya sea o no identificados por especie) obtenidas por el técnico o la tripulación			Sightings with dolphins identified to species by technician Observaciones con delfines indentificadas con relación a la especie por el técnico		Sightings with dolphins identified to species by technician or crew Observaciones con delfines identificadas con relación a la especie por el técnico y la tripulación	
Year	Total	Perpendicular distance between 0-0.5 nm Distancia perpendicular entre 0-0.5 mn	Total	Perpendicular distance between 0-0.5 nm Distancia perpendicular entre 0-0.5 mn	Total	Perpendicular distance between 0-0.5 nm Distancia perpendicular entre 0-0.5 mn
Año	Total		Total		Total	
1977	7,022	2,132	4,657 (66%)	1,449 (68%)	5,461 (78%)	1,633 (77%)
1978	4,065	1,465	2,040 (54%)	925 (63%)	2,619 (64%)	1,014 (69%)
1979	2,775	976	1,340 (55%)	605 (62%)	1,802 (65%)	666 (68%)
1980	5,865	1,672	3,361 (57%)	1,117 (67%)	4,265 (73%)	1,280 (77%)
1981	6,035	1,683	3,296 (55%)	1,033 (61%)	4,222 (70%)	1,191 (71%)

**TABLE 26.** Example of the effects of "smearing" the perpendicular distance data.

**TABLA 26.** Ejemplo de los efectos de "suavizar" la distancia perpendicular de los datos.

Sighting distance interval (nm) Intervalo de la distancia observada (mn)	Number of sightings of spotted dolphins recorded between 0-7.5 Número de observaciones anotadas entre 0-7.5 de delfines manchados					Proportion of sightings falling in intervals of perpendicular distance Proporción de observaciones que se ubican en los intervalos de la distancia perpendicular				
	1977	1978	1979	1980	1981	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	> 2.0
0.0-0.25	31	19	11	14	13	1.0	-	-	-	-
0.25-0.75	16	11	3	3	14	1.0	-	-	-	-
0.75-1.75	17	22	6	31	16	1.0	-	-	-	-
1.75-2.75	55	31	12	55	28	1.0	-	-	-	-
2.75-3.75	75	31	30	60	48	1.0	-	-	-	-
3.75-4.75	73	24	36	77	63	0.900	0.100	-	-	-
4.75-5.75	88	31	26	70	69	0.729	0.271	-	-	-
5.75-6.75	77	28	21	59	66	0.612	0.388	-	-	-
6.75-7.75	60	28	13	35	39	0.527	0.472	0.001	-	-
7.75-8.75	56	15	10	29	29	0.463	0.465	0.072	-	-
8.75-9.75	9	5	0	9	11	0.413	0.414	0.173	-	-
9.75-10.75	18	6	7	8	10	0.373	0.374	0.253	-	-
10.75-12.75	6	5	3	2	11	0.325	0.326	0.315	0.034	-
12.75-14.75	2	2	0	4	5	0.278	0.278	0.279	0.165	-
> 14.75	0	0	2	5	10	0.171	0.171	0.171	0.171	0.316



**TABLE 27.** Estimates of density of schools, mean school size (from estimates made by technicians), and number of dolphins, with standard error in parentheses, for offshore spotted dolphin data stratified into areas defined by proposed stock boundaries (Figure 28a). The data used were "smeared" and truncated at a perpendicular distance of 7.0 nm.

**TABLA 27.** Estimaciones de la densidad de los cardúmenes, media de la magnitud de los cardúmenes (según las estimaciones hechas por los técnicos) y cantidades de delfines, con el error normal entre paréntesis, correspondientes a los delfines manchados de altura según los datos estratificados de las zonas determinadas por los límites propuestos de la población (Figura 28a). Los datos usados fueron "suavizados" y truncados a una distancia perpendicular de 7.0 nm.

Year/Area	Density of schools (SE) as schools/1000 sq. nm	Mean school size (SE)	Number of dolphins (SE) as thousands of animals
Año/Zona	Densidad de los cardúmenes (EN) como cardúmenes /1000 mn <sup>2</sup>	Media de la magnitud de los cardúmenes (EN)	Cantidades de delfines (EN) como millares de animales
1977			
North	1.525 (0.077)	924 (24)	5,230 (296)
South	0.435 (0.078)	940 (102)	590 (124)
Combined	1.220 (0.060)	-	5,820 (321)
1978			
North	1.152 (0.080)	747 (36)	3,194 (269)
South	0.463 (0.085)	884 (142)	591 (144)
Combined	0.959 (0.062)	-	3,785 (305)
1979			
North	1.038 (0.079)	504 (25)	1,941 (176)
South	0.629 (0.118)	1,019 (107)	926 (199)
Combined	0.923 (0.066)	-	2,866 (265)
1980			
North	1.308 (0.073)	572 (21)	2,775 (183)
South	0.302 (0.084)	860 (196)	375 (135)
Combined	1.026 (0.058)	-	3,150 (228)
1981			
North	1.368 (0.083)	456 (13)	2,313 (157)
South	0.273 (0.054)	639 (74)	252 (58)
Combined	1.061 (0.062)	-	2,565 (167)

**TABLE 28.** Estimates of density of schools, mean school size (from estimates made by technicians) and number of dolphins, with standard errors in parenthesis, for spinner dolphin data stratified into areas defined by proposed stock boundaries (Figure 4b). The data used were "smeared" and truncated at a perpendicular distance of 7.0 nm.

**TABLA 28.** Estimaciones de la densidad de los cardúmenes, media de la magnitud de los cardúmenes (según las estimaciones hechas por los técnicos) y cantidades de delfines, con el error normal entre paréntesis, correspondientes a los delfines tornillo, según los datos estratificados de las zonas determinadas por los límites propuestos de la población (Figura 4b). Los datos usados fueron "suavizados" y truncados a una distancia perpendicular de 7.0 mn.

(a) Eastern spinner – Delfin tornillo oriental				
Year/data	Density of schools (SE) as schools/1000 sq. nm Densidad de cardúmenes (EN) como cardúmenes/ 1000 mn <sup>2</sup>	Mean school size (SE) Media de la magnitud de los cardúmenes (EN)		Number of dolphins (SE) as thousands of animals Cantidades de delfines (EN) como millares de animales
Datos/año		Area 1	Area 2	
1977				
identified only	0.249 (0.016)	606 (59)	508 (40)	309 (28)
ident. & all unident.	0.375 (0.020)	536 (48)	474 (33)	421 (32)
1978				
identified only	0.171 (0.018)	489 (69)	338 (60)	169 (27)
ident. & all unident.	0.331 (0.028)	424 (51)	353 (49)	292 (48)
1979				
identified only	0.185 (0.022)	300 (32)	365 (102)	138 (27)
ident. & all unident.	0.307 (0.028)	279 (28)	330 (76)	210 (34)
1980				
identified only	0.234 (0.022)	527 (110)	399 (45)	233 (33)
ident. & all unident.	0.457 (0.035)	443 (69)	367 (34)	403 (45)
1981				
identified only	0.262 (0.021)	340 (45)	288 (28)	182 (21)
ident. & all unident.	0.416 (0.030)	368 (42)	279 (24)	300 (32)

**TABLE 28.** Continued  
**TABLA 28.** Continuación

(b) Northern whitebelly spinner—Delfin tornillo panza blanca del norte				
Year/data	Density of schools (SE) as schools/1000 sq. nm Densidad de cardúmenes (EN) como cardúmenes/ 1000 mn <sup>2</sup>	Mean school size (SE) Media de la magnitud de los cardúmenes (EN)		Number of dolphins (SE) as thousands of animals Cantidades de delfines (EN) como millares de animales
Datos/año		Area 1	Area 2	
1977				
identified only	0.426 (0.031)	399 (40)	340 (30)	433 (43)
ident. & all unident.	0.521 (0.034)	388 (32)	347 (29)	539 (48)
1978				
identified only	0.538 (0.059)	429 (75)	312 (47)	508 (43)
ident. & all unident.	0.625 (0.060)	416 (60)	310 (45)	600 (87)
1979				
identified only	0.290 (0.041)	171 (33)	295 (65)	232 (58)
ident. & all unident.	0.385 (0.046)	196 (37)	318 (74)	319 (74)
1980				
identified only	0.328 (0.025)	294 (45)	203 (20)	216 (24)
ident. & all unident.	0.536 (0.036)	300 (33)	231 (25)	401 (42)
1981				
identified only	0.457 (0.046)	210 (33)	193 (17)	258 (32)
ident. & all unident.	0.569 (0.051)	221 (25)	198 (16)	334 (36)

**TABLE 28.** Continued  
**TABLA 28.** Continuación

(c) Southern whitebelly spinner – Delfin tornillo panza blanca del sur			
Year/data	Density of schools (SE) as schools/1000 sq. nm Densidad de cardúmenes (EN) como cardúmenes/ 1000 mn <sup>2</sup>	Mean school size (SE) Media de la magnitud de los cardúmenes (EN)	Number of dolphins (SE) as thousands of animals Cantidades de delfines (EN) como millares de animales
Datos/año			
Area 3			
1977			
identified only	0.319 (0.059)	449 (112)	182 (57)
ident. & all unident.	0.394 (0.070)	428 (102)	215 (63)
1978			
identified only	0.179 (0.035)	381 (131)	87 (34)
ident. & all unident.	0.323 (0.066)	482 (138)	198 (70)
1979			
identified only	0.200 (0.047)	130 (35)	33 (12)
ident. & all unident.	0.224 (0.050)	124 (33)	35 (12)
1980			
identified only	0.241 (0.067)	299 (123)	92 (46)
ident. & all unident.	0.345 (0.075)	301 (86)	132 (48)
1981			
identified only	0.147 (0.034)	320 (94)	60 (22)
ident. & all unident.	0.209 (0.039)	301 (74)	80 (25)

**TABLE 28.** Continued  
**TABLA 28.** Continuación

(d) All whitebelly spinners—Todos los delfines tornillo panza blanca		
Year/data	Density of schools (SE) as schools/1000 sq. nm	Number of dolphins (SE) as thousands of animals
Datos/año	Densidad de cardúmenes (EN) como cardúmenes/1000 mn <sup>2</sup>	Cantidades de delfines (EN) como millares de animales
1977		
identified only	0.393 (0.028)	616 (71)
ident. & all unident.	0.482 (0.032)	754 (79)
1978		
identified only	0.428 (0.042)	594 (55)
ident. & all unident.	0.533 (0.046)	799 (121)
1979		
identified only	0.262 (0.032)	265 (59)
ident. & all unident.	0.336 (0.035)	354 (75)
1980		
identified only	0.301 (0.027)	308 (52)
ident. & all unident.	0.478 (0.034)	534 (63)
1981		
identified only	0.362 (0.034)	318 (39)
ident. & all unident.	0.459 (0.037)	414 (44)

**TABLE 29.** Numbers of sightings and estimates of density of schools, mean school size (from estimates by technician) and numbers of dolphins for each strata and each year for offshore spotted dolphin data stratified by fishing mode and searching intensity. Also shown are percentages for each area of the total line length searched and the total size of the area sampled.

**TABLA 29.** Número de estimaciones y observaciones de la densidad de los cardúmenes, media de la magnitud del cardumen (según las estimaciones del técnico) y cantidad de delfines por cada estrato y año, correspondiente a los datos de los delfines manchados, estratificados por moda de pesca e intensidad de búsqueda. Se presentan además los porcentajes (por cada zona) de la longitud total de la derrota explorada y de toda la extensión de la zona muestreada.

Area code	Percent of line length	Percent of area	Number of sightings	Density of schools (SE) as school/1000 sq. nm	Mean school size (SE)	Number of dolphins (SE) as thousands of animals
Código zona	Porcentaje de la derrota	Porcentaje de la zona	Número de observaciones	Densidad cardúmenes (EN) como cardumen/1000 mn <sup>2</sup>	Media magnitud cardumen (EN)	Número de delfines (EN) como miles de animales
<b>1977</b>						
1	4.3	2.9	2	0.022 (0.012)	186 (157)	1 (1)
2	20.4	36.5	678	1.293 (0.086)	940 (48)	2,326 (195)
3	46.4	15.4	1,699	1.526 (0.083)	884 (28)	1,091 (68)
4	5.5	7.6	214	1.205 (0.119)	1,051 (146)	457 (78)
5	13.5	5.8	246	0.789 (0.099)	948 (81)	226 (34)
6	8.0	27.0	170	0.651 (0.065)	1,110 (94)	1,024 (134)
7	1.9	5.4	5	0.122 (0.074)	180 (171)	6 (7)
Total	399,229	5,240,104	3,014	1.020 (0.040)	-	5,131 (260)
<b>1978</b>						
1	9.5	3.5	9	0.078 (0.044)	280 (197)	4 (4)
2	7.5	36.8	93	0.666 (0.097)	579 (69)	743 (140)
3	5.8	5.1	174	1.490 (0.158)	794 (86)	314 (48)
4	11.9	9.2	244	1.310 (0.120)	712 (58)	451 (55)
5	49.3	14.8	471	0.985 (0.092)	680 (45)	520 (60)
6	3.5	1.5	71	0.916 (0.141)	1,230 (179)	89 (19)
7	12.8	29.1	180	0.781 (0.072)	859 (73)	1,021 (128)
Total	242,099	5,240,104	1,242	0.831 (0.046)	-	3,142 (213)

TABLE 29. Continued  
 TABLA 29. Continuación

	Area code Código zona	Percent of line length Porcentaje de la derrota	Percent of area Porcentaje de la zona	Number of sightings Número de observaciones	Density of schools (SE) as school/1000 sq. nm Densidad cardúmenes (EN) como cardumen/1000 mn <sup>2</sup>	Mean school size (SE) Media magnitud cardumen (EN)	Number of dolphins (SE) as thousands of animals Número de delfines (EN) como miles de animales
1979	1	11.4	3.7	16	0.162 {0.057}	635 {329}	20 {12}
	2	4.9	20.0	48	1.029 {0.241}	496 {148}	534 {202}
	3	7.0	5.3	99	1.176 {0.184}	377 {46}	123 {24}
	4	16.9	10.2	304	1.448 {0.124}	466 {40}	362 {44}
	5	45.7	15.2	270	0.529 {0.067}	610 {44}	256 {38}
	6	9.3	40.9	77	0.593 {0.122}	515 {66}	668 {161}
	7	4.8	4.8	69	1.221 {0.226}	1,132 {129}	348 {76}
Total		148,020	5,240,104	883	0.803 {0.073}	-	2,309 {277}
1980	1	13.0	2.9	22	0.082 {0.033}	696 {106}	9 {4}
	2	3.4	11.9	50	0.672 {0.131}	417 {95}	174 {52}
	3	45.3	19.4	1,753	1.576 {0.079}	493 {18}	788 {49}
	4	1.2	1.9	58	1.582 {0.283}	600 {157}	97 {31}
	5	9.8	43.1	206	0.815 {0.088}	1,144 {147}	2,104 {352}
	6	11.2	10.8	194	0.909 {0.101}	790 {86}	407 {63}
	7	12.2	5.3	27	0.107 {0.036}	477 {149}	14 {6}
	8	3.9	4.8	71	0.734 {0.148}	790 {182}	146 {45}
Total		401,340	5,240,104	2,381	0.908 {0.046}	-	3,738 {369}
1981	1	6.4	3.7	23	0.171 {0.050}	357 {117}	12 {5}
	2	2.6	11.5	51	0.750 {0.155}	612 {136}	277 {84}
	3	11.9	5.1	424	1.252 {0.101}	514 {28}	171 {17}
	4	9.7	8.6	323	1.760 {0.191}	609 {41}	481 {61}
	5	41.2	16.6	1,402	1.099 {0.054}	404 {17}	387 {25}
	6	7.2	38.6	159	0.690 {0.079}	590 {59}	823 {125}
	7	8.1	9.3	58	0.244 {0.041}	350 {73}	41 {11}
	8	11.1	2.5	14	0.060 {0.025}	249 {101}	2 {1}
	9	1.9	4.2	14	0.354 {0.117}	557 {178}	43 {20}
Total		382,141	5,240,104	2,468	0.795 {0.041}	-	2,237 {172}

**TABLE 30.** Numbers of sightings and estimates of density of schools, mean school size (from estimates made by technicians) and numbers of dolphins for each strata and each year for eastern spinner dolphin data stratified by fishing mode and searching intensity. Also shown are percentages for each area of the total line length searched and the total size of the area sampled.

**TABLA 30.** Número de estimaciones y observaciones de la densidad de los cardúmenes, media de la magnitud del cardumen (según las estimaciones del técnico) y cantidad de delfines por cada estrato y año, correspondiente a los datos de los delfines tornillo oriental, estratificados por la moda de pesca e intensidad de búsqueda. Se presentan además los porcentajes (por cada zona) de la longitud total de la derrota explorada y de toda la extensión de la zona muestreada.

	Area code	Percent of line length	Percent of area	Number of sightings	Density of schools (SE) as school/1000 sq. nm	Mean school size (SE)	Number of dolphins (SE) as thousands of animals
	Código zona	Porcentaje de la derrota	Porcentaje de la zona	Número de observaciones	Densidad cardúmenes (EN) como cardumen/1000 mn <sup>2</sup>	Media magnitud cardumen (EN)	Número de delfines (EN) como miles de animales
1977	1	4.3	2.9	0	0	0	0
	2	20.4	36.5	84	0.129 {0.022}	595 {111}	147 {37}
	3	46.4	15.4	380	0.233 {0.021}	515 {36}	97 {11}
	4	5.5	7.6	70	0.355 {0.064}	192 {111}	69 {19}
	5	13.5	5.8	68	0.154 {0.027}	613 {113}	29 {7}
	6	8.0	27.0	2	0.011 {0.007}	51 {49}	1 {1}
	7	1.9	5.4	0	0	0	0
Total		399,229	5,240,104	604	0.119 {0.010}	-	342 {44}
1978	1	9.5	3.5	10	0.085 {0.034}	567 {146}	9 {4}
	2	7.3	36.8	11	0.122 {0.061}	584 {154}	137 {77}
	3	5.8	5.1	4	0.056 {0.040}	86 {40}	1 {1}
	4	11.9	9.2	82	0.363 {0.046}	365 {81}	64 {16}
	5	49.3	14.8	97	0.179 {0.036}	454 {77}	63 {16}
	6	3.5	1.5	0	0	0	0
	7	12.8	29.1	6	0.038 {0.012}	725 {353}	42 {24}
Total		242,099	5,240,104	210	0.122 {0.024}	-	317 {84}



**TABLE 30.** Continued  
**TABLA 30.** Continuación

	Area code Código zona	Percent of line length Porcentaje de la derrota	Percent of area Porcentaje de la zona	Number of sightings Número de observaciones	Density of schools (SE) as school/1000 sq. nm Densidad cardúmenes (EN) como cardumen/1000 mn <sup>2</sup>	Mean school size (SE) Media magnitud cardumen (EN)	Number of dolphins (SE) as thousands of animals Número de delfines (EN) como miles de animales
<b>1979</b>	1	11.4	3.7	3	0.026 {0.020}	240 {129}	1 {1}
	2	4.9	20.0	9	0.181 {0.079}	122 {45}	23 {13}
	3	7.0	5.3	0	0	0	0
	4	16.9	10.2	86	0.390 {0.059}	308 {50}	64 {14}
	5	45.7	15.2	77	0.146 {0.038}	354 {59}	41 {13}
	6	9.3	40.9	0	0	0	0
	7	4.8	4.8	0	0	0	0
	Total	148,020	5,240,104	175	0.099 {0.018}	-	130 {23}
<b>1980</b>	1	13.0	2.9	4	0.014 {0.010}	406 {269}	1 {1}
	2	3.4	11.9	7	0.094 {0.035}	658 {263}	38 {21}
	3	45.3	19.4	289	0.282 {0.031}	377 {48}	108 {18}
	4	1.2	1.9	11	0.435 {0.157}	300 {139}	132 {78}
	5	9.8	43.1	0	0	0	0
	6	11.2	10.8	28	0.102 {0.032}	1,055 {391}	61 {30}
	7	12.2	5.3	8	0.030 {0.022}	786 {290}	7 {5}
	8	3.9	4.8	2	0.024 {0.027}	900 {100}	5 {6}
	Total	401,340	5,240,104	349	0.088 {0.099}	-	233 {42}
<b>1981</b>	1	6.4	3.7	5	0.042 {0.022}	1,728 {1,085}	14 {11}
	2	2.6	11.5	9	0.188 {0.059}	162 {63}	18 {9}
	3	11.9	5.1	18	0.081 {0.025}	59 {15}	1 {1}
	4	9.7	8.6	72	0.241 {0.044}	242 {34}	26 {6}
	5	41.2	16.6	389	0.308 {0.025}	303 {25}	35 {11}
	6	7.2	38.6	3	0.022 {0.015}	183 {113}	8 {7}
	7	8.1	9.3	7	0.046 {0.017}	108 {81}	2 {2}
	8	11.1	2.5	0	0	0	0
	9	1.9	4.2	0	0	0	0
	Total	382,141	5,240,104	503	0.112 {0.011}	-	105 {20}

**TABLE 31.** Numbers of sightings and estimates of density of schools, mean school size (from estimates made by technician) and numbers of dolphins for each strata and each year for whitebelly spinner dolphin data stratified by fishing mode and searching intensity. Also shown are percentages for each area of the total line length searched and the total size of the area sampled.

**TABLA 31.** Número de estimaciones y observaciones de la densidad de los cardúmenes, media de la magnitud del cardumen (según las estimaciones del técnico) y cantidad de delfines por cada estrato y año, correspondiente a los datos del delfín tornillo panza blanca, estratificados por moda de pesca e intensidad de búsqueda. Se presentan además los porcentajes (por cada zona) de la longitud total de la derrota explorada y de toda la extensión de la zona muestreada.

	Area code	Percent of line length	Percent of area	Number of sightings	Density of schools (SE) as school/1000 sq. nm	Mean school size (SE)	Number of dolphins (SE) as thousands of animals
	Código zona	Porcentaje de la derrota	Porcentaje de la zona	Número de observaciones	Densidad cardúmenes (EN) como cardumen/1000 mn <sup>2</sup>	Media magnitud cardumen (EN)	Número de delfines (EN) como miles de animales
<b>1977</b>	1	4.3	2.9	2	0.020 (0.017)	1,225 (275)	1 (3)
	2	20.4	36.5	285	0.549 (0.055)	313 (31)	329 (46)
	3	46.4	15.4	307	0.193 (0.016)	377 (36)	59 (7)
	4	5.5	7.6	0	0	0	0
	5	13.5	5.8	6	0.019 (0.011)	291 (111)	2 (1)
	6	8.0	27.0	95	0.377 (0.045)	538 (91)	287 (60)
	7	1.9	5.4	0	0	0	0
Total		399,229	5,240,104	695	0.334 (0.024)	-	678 (76)
<b>1978</b>	1	9.5	3.5	0	0	0	0
	2	7.3	36.8	37	0.303 (0.069)	274 (94)	160 (66)
	3	5.8	5.1	87	0.987 (0.158)	380 (74)	100 (25)
	4	11.9	9.2	13	0.089 (0.023)	274 (80)	12 (5)
	5	49.3	14.8	55	0.084 (0.018)	518 (99)	34 (10)
	6	3.5	1.5	37	0.512 (0.109)	297 (84)	12 (4)
	7	12.8	29.1	72	0.315 (0.061)	394 (72)	189 (150)
Total		242,099	5,240,104	301	0.281 (0.032)	-	506 (87)

**TABLE 31.** Continued  
**TABLA 31.** Continuación

	Area code Código zona	Percent of line length Porcentaje de la derrota	Percent of area Porcentaje de la zona	Number of sightings Número de observaciones	Density of schools (SE) as school/1000 sq. nm Densidad cardúmenes (EN) como cardumen/1000 mn <sup>2</sup>	Mean school size (SE) Media magnitud cardumen (EN)	Number of dolphins (SE) as thousands of animals Número de delfines (EN) como miles de animales
<b>1979</b>	1	11.4	3.7	0	0	0	0
	2	4.9	20.0	15	0.301 (0.132)	547 (242)	172 (107)
	3	7.0	5.3	46	0.563 (0.100)	236 (48)	37 (10)
	4	16.9	10.2	16	0.093 (0.023)	136 (29)	7 (2)
	5	45.7	15.2	20	0.043 (0.015)	259 (79)	9 (4)
	6	9.3	40.9	21	0.222 (0.098)	198 (55)	94 (49)
	7	4.8	4.8	26	0.440 (0.094)	130 (39)	14 (5)
	Total	148.020	5,240.104	144	0.218 (0.049)	-	333 (119)
<b>1980</b>	1	13.0	2.9	2	0.007 (0.007)	160 (40)	0 (0)
	2	3.4	11.9	8	0.107 (0.046)	276 (87)	18 (10)
	3	45.3	19.4	350	0.291 (0.031)	265 (30)	78 (12)
	4	1.2	1.9	4	0.158 (0.103)	441 (265)	7 (6)
	5	9.8	43.1	50	0.164 (0.030)	159 (26)	60 (14)
	6	11.2	10.8	53	0.163 (0.025)	457 (110)	42 (12)
	7	12.2	5.3	23	0.086 (0.026)	157 (50)	4 (2)
	8	3.9	4.8	8	0.095 (0.039)	92 (32)	2 (1)
	Total	401.340	5,240.104	498	0.170 (0.016)	-	211 (25)
<b>1981</b>	1	6.4	3.7	3	0.025 (0.015)	137 (52)	1 (1)
	2	2.6	11.5	16	0.334 (0.110)	345 (70)	69 (27)
	3	11.9	5.1	184	0.468 (0.048)	172 (19)	21 (3)
	4	9.7	8.6	98	0.508 (0.089)	221 (29)	51 (11)
	5	41.2	16.6	107	0.119 (0.021)	225 (42)	23 (6)
	6	7.2	38.6	57	0.233 (0.042)	193 (44)	91 (26)
	7	8.1	9.3	18	0.119 (0.038)	115 (27)	7 (3)
	8	11.1	2.5	7	0.034 (0.023)	1.020 (768)	4 (5)
	9	1.9	4.2	8	0.228 (0.081)	294 (95)	15 (7)
	Total	382.141	5,240.104	498	0.238 (0.023)	-	282 (41)

**TABLE 32.** Mean lengths and percentages of sample for component distributions of four schools of Costa Rican spinner dolphins.  
**TABLA 32.** Medias y porcentajes de la muestra de la distribución de los componentes de cuatro cardúmenes de delfines tornillo costarricenses (*Stenella longirostris*).

School identification number Número identificación cardumen	Number of animals measured Número de animales medidos	Mean length and percentage of sample for each distribution Media y porcentaje de la muestra de cada distribución				
		1	2	3	4	5
63-6-2/3	997	112.0 (0.1%)	138.3 (0.9%)	162.9 (1.5%)	187.2 (11.0%)	217.0 (86.5%)
87-2-2/3	1,117	109.2 (0.2%)	141.0 (2.0%)	163.5 (1.3%)	180.0 (13.2%)	219.4 (83.3%)
88-1-2	642	108.2 (0.6%)	140.2 (2.4%)	163.4 (5.1%)	184.5 (9.2%)	215.6 (82.7%)
92-3-2	660	114.0 (0.3%)	142.6 (1.5%)	160.9 (5.3%)	188.9 (11.4%)	215.2 (81.5%)
Combined data	3,416	111.4 (0.3%)	142.4 (2.2%)	162.8 (2.5%)	183.7 (9.3%)	216.6 (85.7%)

**TABLE 33.** Slopes ( $b$ ) of  $\log_{10}$  mean concentration of skipjack larvae ( $\ell$ ) by  $1^\circ\text{C}$  intervals of SST, factors ( $F=10^b$ ) for concentrations per  $^\circ\text{C}$ , and the coefficients of correlation ( $r$ ), from weighted linear regressions with SST in the ascending portion of the curve indicated by the SST range for various groups of cruises and net tows in the Pacific and Atlantic.

**TABLA 33.** Pendientes ( $b$ ) de  $\log_{10}$  la media de concentración de las larvas de barrilete ( $\ell$ ) por intervalos de  $1^\circ\text{C}$  de la TSM, los factores ( $F=10^b$ ) de las concentraciones por  $^\circ\text{C}$  y los coeficientes de correlación ( $r$ ), según las regresiones lineales ponderadas con la TSM en la porción ascendente de la curva indicada por los límites de la TSM para varios grupos de cruceros y arrastres de la red en el Pacífico y el Atlántico.

Cruises	Type of tow	Unit	Area	SST Range	No. of tows			
Cruceros	Tipo de Arrastre	Unidad	Zona	TSM límites ( $^\circ\text{C}$ )	No. de arrastres	$r$	$b$	$F$
Shunyo-Marui	SBH	$\ell$ /tow	West. Pac.	23-29	943	0.977	0.347	2.22
" "	SFC	"	" "	24-29	1010	0.923	0.326	2.12
Shoyo Maru	SBH	"	Cen. Pac.	26-29	143	0.960	0.322	2.10
NMFS Honolulu	OBL	$\ell$ /10m <sup>2</sup>	" "	25-29	518	0.951	0.222	1.67
Equalant I. II	OBL	"	Atlantic	24-28	185	0.993	0.215	1.64
Geronimo 3,4,5	SFC	$\ell$ /1000m <sup>3</sup>	"	24-28	302	0.937	0.370	2.34
					3101		$\bar{x}$ 0.312	$\bar{x}$ 2.05

SBH - subsurface horizontal tows between 20 and 30 m.  
- arrastres horizontales subsuperficiales entre 20 y 30 m.

SFC - surface tows.  
- arrastres superficiales.

OBL - oblique tows.  
- arrastres oblicuos.

**TABLE 34.** Percentages of correct group reclassification of small catch rates (<2.0 tons) and large catch rates ( $\geq 2.0$  tons) per hour searched for three categories of tuna catches. Reclassification was performed by discriminant analysis which used environmental parameters to distinguish small from large catch rates.

**TABLA 34.** Porcentaje de la reclasificación de los grupos correctos de los índices pequeños (<2.0 toneladas) y grandes ( $\geq 2.0$  toneladas) de captura, por hora de búsqueda, en tres categorías de pesca de atunes. La reclasificación se ha realizado mediante el análisis discriminatorio que emplea los parámetros ambientales para distinguir los índices pequeños de captura de los grandes.

Cases east of 95°W	Cases west of 95°W	Set type	Significant environmental parameters <sup>3</sup>
Casos al este de los 95°W	Casos al oeste de los 95°W	Tipo de lance	Parámetros significativos ambientales <sup>3</sup>
204 <sup>1</sup>	196	Yellowfin in schools	Depth of 23 °C isotherm and thermocline gradient
89% <sup>2</sup>	84%	Cardúmenes de a. amarilla	Profundidad de 23 ° del gradiente de la isoterma en la termoclina
249	302	Yellowfin with dolphins	Thermocline gradient
74%	70%	A. amarilla con delfines	Gradiente de la termoclina
192	167	Skipjack in schools	Surface temperature Surface wind speed
56%	61%	Cardúmenes de barrilete	Temperatura superficial Velocidad del viento en la superficie

<sup>1</sup> Number of cases of small and large catch rates combined.

<sup>1</sup> Número de casos en que se encuentran los índices grandes y pequeños de captura combinados.

<sup>2</sup> Percentage of small and large catch rates (combined) reclassified correctly.

<sup>2</sup> Porcentaje de los índices grandes y pequeños de captura (combinados) reclasificados correctamente.

<sup>3</sup> Environmental parameters which gave statistically best results in discriminant analysis.

<sup>3</sup> Parámetros ambientales que proveen estadísticamente los mejores resultados en el análisis discriminatorio.

**TABLE 35.** Quotas, catches, and CPDFs [Class-6 purse seiners] for yellowfin in the eastern Pacific Ocean, 1967-1982. The quotas and catches are in thousands of short tons, and CPDFs in short tons.

**TABLA 35.** Cuotas, capturas, y CPDP (clase 6 de cerqueros) para el aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental, 1967-1982. Las cuotas y las capturas se indican en miles de toneladas americanas, y las CPDP en toneladas americanas.

Year	Quota	Inside CYRA		Outside CYRA		Total Catch
		Catch	CPDF	Catch	CPDF	
Año	Cuota	En el ARCAA		Zona fuera del ARCCA		Captura Total
		Captura	CPDP	Captura	CPDP	
1967	84.5	90.0	?	0.0	-	90.0
1968	93	114.5	18.1	1.2	-	115.7
1969	120	126.9	17.8	19.2	20.4	146.1
1970	120	142.6	16.9	30.7	11.7	173.3
1971	140 + (2×10)*	113.9	9.8	22.8	10.6	136.6
1972	120 + (2×10)	152.5	17.0	44.8	12.5	197.3
1973	130 + (3×10)	177.8	12.6	49.5	13.0	227.3
1974	175 + (2×10)	191.6	9.7	41.0	10.2	232.6
1975	175 + (2×10)	176.4	8.2	47.5	12.2	223.9
1976	175 + (2×10)	210.7	9.2	50.7	12.7	261.4
1977	175 + (20+15)	203.0	7.2	17.9	10.2	220.8
1978	175 + (20+15)	182.8	6.6	15.7	9.7	198.5
1979	175 + (20+15)	195.0	5.8	15.1	8.4	210.1
1980	none	147.0	4.6	29.3	8.9	176.3
1981	none	175.4	6.0	26.3	7.8	201.7
1982**	none	118.5	4.7	19.8	9.0	138.3

\* "+ (2×10)" indicates two increments of 10 thousand tons each to be added to the quota at the discretion of the Director of Investigations.

\* "+ (2×10)" indica los dos incrementos de 10 mil toneladas cada uno que se han de agregar a la cuota a discreción del Director de Investigaciones.

\*\* preliminary—preliminar

**TABLE 36.** Estimated numbers of fish, in thousands, of the X and Y cohorts during the 1967 through 1982 seasons.**TABLA 36.** Cantidades estimadas de peces, en millares, de los grupos X e Y durante las temporadas 1967 a 1982.

Season Temporada	Quarter Trimestre	Y					X + Y	X			
		IV	III	II	I	0	V +	IV	III	II	I
1967	1	31	225	2263	10317	0	112	84	847	12159	17092
	2	23	119	1539	6697	0	112	59	399	8504	16424
	3	19	75	1169	4100	27666	112	48	161	6211	13104
	4	15	61	945	3080	22651	112	40	127	4919	10507
1968	1	50	704	2096	18357	0	54	104	3638	8264	23519
	2	33	482	1306	13054	0	54	61	2399	6132	19265
	3	24	360	943	8834	17483	54	33	1669	4574	15588
	4	20	292	739	6847	13787	54	27	1303	2814	12429
1969	1	218	539	5172	10880	0	47	908	2546	9927	18210
	2	152	340	3731	7390	0	47	550	1530	7535	14819
	3	124	240	2879	4925	18444	47	450	1064	5901	11714
	4	102	196	2247	3742	15100	47	369	879	4807	9221
1970	1	139	1758	2207	12018	0	150	653	3486	6271	18671
	2	90	1222	1120	8565	0	150	451	2380	3988	14593
	3	74	938	824	5998	10420	150	369	1832	3030	11522
	4	60	768	638	4626	16751	150	302	1544	2460	8862
1971	1	611	428	3315	13357	0	286	1179	1674	5950	25325
	2	500	270	2308	9564	0	286	914	938	3833	19501
	3	409	215	1788	7167	14141	286	743	630	2871	15676
	4	335	168	1424	5645	11575	286	620	498	2277	12457
1972	1	103	734	4055	8767	0	281	173	1448	9407	15196
	2	60	295	2894	5653	0	281	35	792	6355	12004
	3	49	204	2267	3786	23500	281	24	569	4473	9747
	4	40	166	1808	2819	19721	281	23	456	3515	7913
1973	1	88	955	1699	15081	0	197	242	2516	6346	18181
	2	39	356	959	7657	0	197	102	1674	4849	15616
	3	30	212	700	3319	50693	197	72	1225	3696	12615
	4	25	166	566	2415	41501	197	58	981	2858	10197
1974	1	98	334	1776	31458	0	150	703	1554	8022	32063
	2	56	176	1292	17491	0	150	502	738	6159	23713
	3	44	132	1036	9383	19758	150	406	544	4840	20337
	4	36	101	832	6827	15622	150	331	418	3795	15909



TABLE 36. Continued  
TABLA 36. Continuación

Season Temporada	Quarter Trimestre	Y					X + Y	X			
		IV	III	II	I	O		IV	III	II	I
1975	1	53	586	4751	11921	0	72	255	2445	11460	23666
	2	17	381	3294	8526	0	72	135	1417	7711	18614
	3	8	282	2476	6196	22877	72	90	999	5562	14047
	4	7	228	1814	4822	17659	72	72	783	4267	10599
1976	1	169	1090	3547	11801	0	88	565	3130	7466	18455
	2	117	581	2307	6362	0	88	377	2210	4393	14730
	3	96	365	1536	3515	20477	88	271	1645	2699	11535
	4	78	229	1121	2256	16371	88	194	1267	1994	8756
1977	1	114	714	1469	12075	0	100	936	1392	6469	18299
	2	64	362	965	7440	0	100	698	758	4186	14658
	3	46	151	611	4356	48662	100	533	351	2459	11305
	4	37	57	410	2664	36794	100	416	189	1531	8437
1978	1	24	269	1694	23860	0	86	124	987	6168	24689
	2	12	180	1207	12721	0	86	90	689	4444	16609
	3	8	125	903	6891	29193	86	63	512	3228	10465
	4	6	75	654	4506	21280	86	41	376	2376	6967
1979	1	38	430	2814	13392	0	100	244	1545	4538	28690
	2	21	282	1634	7502	0	100	156	900	3097	21250
	3	15	198	1066	4390	31835	100	114	592	2240	14264
	4	12	145	720	2794	22543	100	91	401	1604	9031
1980	1	96	426	1792	15237	0	80	228	1029	5586	19821
	2	63	260	1206	9253	0	80	139	665	3401	13902
	3	50	195	864	5764	30238	80	106	485	2264	9279
	4	40	142	612	4330	23524	80	82	363	1706	6701
1981	1	73	415	3176	16952	0	80	256	1236	4928	18902
	2	34	289	2297	10817	0	80	175	874	3429	13784
	3	25	196	1691	6134	26731	80	129	625	2367	9758
	4	20	129	1221	3479	20592	80	98	426	1641	6356
1982	1	88	878	2055	15089	0	80	295	979	4306	22275
	2	63	660	1254	10190	0	80	219	526	3349	16033
	3	50	510	901	6968	26136	80	171	327	2614	11503
	4	40	400	666	5000	20003	80	133	222	2000	8001

**TABLE 37.** Estimated recruitment in thousands of fish of the *X* and *Y* cohorts, and of the *X* and *Y* cohorts combined, for 1966–1982.**TABLA 37.** Reclutamiento estimado en millares de peces de los grupos *X* e *Y*, y de los dos grupos combinados, desde 1966–1982.

Year Año	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>X</i> + <i>Y</i>
1966	15260	33056	48316
1967	15170	17092	32262
1968	27666	23519	51185
1969	17483	18210	35693
1970	18444	18671	37115
1971	20420	25325	45745
1972	14141	15196	29337
1973	23500	18181	41681
1974	50693	32063	82756
1975	19758	23666	43424
1976	22877	18455	41332
1977	20477	18299	38776
1978	48662	24689	73351
1979	29193	28690	57883
1980	31835	19821	51656
1981	30238	18902	49140
1982	26731	22275	49006
Average Promedio	25444	22124	47568



